tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 52 nr. 3 1987

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt ƒ 60,- per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt ƒ 60,- . Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

NERG-lezingendag: REMOTE SENSING

F.van Kuppeveld
Studendendispuut ODIN
Technische Universiteit Eindhoven

Op vrijdag 27 februari 1987 vond een lezingendag plaats met als thema: "Instrumentatie voor operationele aardobservatie (remote sensing)". Deze lezingendag werd georganiseerd door het NERG i.s.m. de afdeling voor telecommunicatie van het KIvI en de IEEE Benelux-sectie en vond plaats in het NLR (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) te Marknesse (Noordoostpolder). Er waren een zevental sprekers en de gastheer was dr.ir. H.F.A.Roefs, verbonden aan het NLR en bestuurslid van het NERG. Het communicatiedispuut ODIN organiseerde het vervoer naar de lezingendag voor een zestal studenten van de TUE.

Na de ontvangst was Drs. G.H. van der Kolff van Rijkswaterstaat de eerste spreker. Hij vertelde over het overheidsbeleid t.a.v. de operationele aardobservatie (remote sensing). Het NRSP (Nationaal Remote Sensing Programma) werd nader belicht. Aan dit programma werken ongeveer 200-300 mensen (ten dele) mee. In 1990 moet de ERS1 (European Remote Sensing 1) satelliet worden gelanceerd.

De tweede spreker was ir. H.Pouwels van het NLR. Pouwels behandelde een airborne remote sensing systeem (remote sensing vanuit een vliegtuig). Het SLAR (Side Looking Airborne Radar) systeem kwam aan de orde. Dit radar remote sensing systeem werkt met 3 cm. golven (frequentie 10 GHz). Ook werd een optisch remote sensing systeem behandeld, n.l. het CAESAR-systeem. Dit remote sensing systeem meet 400-1100 nm (zichtbaar) golven en heeft een resolutie van 0,5 × 0,5 m als het vliegtuig op 2 km. hoogte vliegt. Deze resolutie is hoger dan bij een radar remote sensing systeem. Als laatste werd wat verteld over de bewerking van de te ontvangen signalen. Hierbij kwam o.a. het computerprogramma PARES ter sprake, dat vervormde plaatjes mooi maakt. Tevens werden enkele voorbeelden hiervan gegeven.

De derde spreker, ir. P.Hoogeboom van FEL/TNO, hield een betoog over de operationalisering van radar remote sensing. De radar remote sensing systemen SLAR en SAR (Synthesized Aperture Radar) kwamen hierbij aan de orde. Enkele belangrijke toepassingen voor deze systemen zijn: op land o.a. gewasverkenning en op zee o.a. wind-, golfrichting, stroming- en dieptebepaling. In de jaren '90 worden grote operationele toepassingen van radar remote sensing systemen (SLAR/SAR) verwacht.

De vierde spreker was ir. H.T.C.van Stokkom van Rijkswaterstaat. Deze vertelde over remote sensing toepassingen in de natte waterstaat. De taken van Rijkswaterstaat werden uiteen gezet en de mogelijke hulp van remote sensing hierbij (o.a. vegetatiedetectie, olie(vlek)detectie en waterkwaliteitdetectie).

Na een voortreffelijke lunch, die door de directie van het NLR werd aangeboden, was ir. G.J.A. Nieuwenhuis van het ICW de vijfde spreker. Nieuwenhuis sprak over aardobservatie in de landbouwwaterhuishouding. Voor de landbouw zijn water, temperatuur en verdamping zeer belangrijke grootheden. M.b.v. remote sensing zijn deze grootheden zeer goed in de gaten te houden. Zowel vliegtuig remote sensing als satelliet remote sensing werden behandeld.

De zesde spreker (spreekster), mevr. dr. S.H.Muller van het KNMI, behandelde toepassingen in de weersverwachting. Voor de remote sensing in de metereologie, worden twee soorten satellieten gebruikt, n.l. polaire en geostationaire satellieten. De satellieten nemen vooral straling waar van diverse bronnen, de atmosfeer heeft hierop een negatieve invloed. Bij deze satellite remote sensing staat vooral de verwerking (bewerking) van de verzamelde data centraal. De weergrootheden (wind, temperatuur, straling, regen, enz...) zijn niet direct te meten, maar moeten uit andere (wel te meten) grootheden worden samengesteld. Hier zijn allerlei modellen voor. In de toekomst zullen m.b.v. remote sensing en nieuwere modellen o.a. ook regen en luchtdruk te meten zijn. Ook zal beter gebruik van de waar te nemen gegevens (moeten) worden gemaakt, om alle grootheden beter te meten.

De zevende en laatste spreker was ir. J.U.Hielkema van FASO (Rome). Hielkema sprak over operationele remote sensing voor sprinkhanenplaagpreventie. Om de sprinkhanen groei- en invasie-gebieden (zeer natte gebieden) te bekijken, wordt van 3 satellieten gebruik gemaakt n.l. METEOSAT (resolutie 100 × 100 km), NOAA en LANDSAT. De gegevensopslag en -verwerking zijn hierbij zeer belangrijk.

De bezoekers van de lezingendag waaronder met name de TUE-studenten, kunnen terugzien op een zeer interessante lezingendag waarbij veel aspecten van remote sensing aan de orde kwamen.

Voor de NERG/KIvI/IEEE-lezingendagen geldt voor studenten van de TUE de volgende procedure: De lezingendagen zijn voor studenten gratis, alleen voor een eventuele lunch moet betaald worden. Het NERG vergoedt de helft van de reiskosten per openbaar vervoer aan ODIN, voor de studenten die zich via ODIN aanmelden. Bij voldoende belangstelling organiseert ODIN het vervoer naar de lezingendagen. De kosten voor studenten zijn dan minimaal (meestal nihil). B.v. als met auto's wordt gereisd, worden de bestuurders kostenvrij gesteld m.b.v. de te ontvangen reiskostenvergoedingen en kunnen alle studenten

gratis mee. Voor meer informatie kan men terecht bij de ODIN-bestuursleden.

VAN DE REDACTIE

Het is de eerste keer dat de redactie een verslag van een werkvergadering ontvangt.

Nu het zo uitkomt dat bijna alle artikelen tezamen in een tijdschrift kunnen worden geplaatst, laten we dit verslag aan deze reeks voorafgaan.

De redactie heeft het onverkort geplaatst; ook de laatste alinea, omdat dit de leden een indruk geeft van activiteiten van het NERG voor studenten. De gelden komen uit een fonds voor bijzondere bestemmingen, hetgeen gevormd is uit overgeschoten gelden van congressen waarvoor het NERG sponsor was.

Ir. M. Steffelaar
Hoofdredacteur.

OVERHEIDSBELEID OPERATIONELE AARDOBSERVATIE
HET NATIONAAL REMOTE SENSING PROGRAMMA

Drs. G.H. van der Kolff
Programmabureau BCRS

The National Remote Sensing Programme of the Netherlands. Since the early 70' The Netherlands play an important role in remote sensing research. At the moment a National Remote Sensing Programme (NRSP) is being carried out to profit from the investments made in scientific research. The NRSP is focussed on developing operational applications of remote sensing techniques for the benefit of government, industry and third world countries. The NRSP's 30M dfl budget for the period 1986-1990 is supplied by the government.

Inleiding

Remote sensing is de verzamelnaam voor een aantal waarnemingstechnieken waarmee men op afstand in korte tijd van grote gebieden gegevens verzamelt over de reflectie en emissie van elektromagnetische straling om de toestand van het land- en zeeoppervlak vast te stellen.

Remote sensing is geen apart vakgebied maar een instrument met toepassingsmogelijkheden in vele vakgebieden. Om de toepassing van remote sensing in verschillende vakgebieden te stimuleren is een Nationaal Remote Sensing Programma (NRSP) gestart. Het NRSP wordt uitgevoerd vanaf 1986, heeft een duur van vijf jaar en omvat een budget van 30 miljoen gulden door de overheid beschikbaar gesteld.

Het primaire doel is het ontwikkelen van operationele toepassingen, waarbij commercialisering gestimuleerd zal worden.

Sedert de Tweede Wereldoorlog zijn voor militaire toepassingen moderne luchtopnamemethoden ontwikkeld met specifieke voordelen boven conventionele luchtfotografie. Onafhankelijk van de bewolkingsgraad kunnen zo met behulp van radartechnieken opnamen van land en zeeoppervlak gemaakt worden en kunnen 's nachts beelden van het terrein opgenomen worden door middel van optische technieken in het thermisch infrarood. Tal van deze technieken bieden grote mogelijkheden voor civiele toepassingen. Dit heeft in Nederland geleid tot het uitvoeren van het NIWARS-onderzoekproject in de jaren 1971-1977. (NIWARS = Nederlandse Interdepartementale Werkgemeenschap voor het Applicatieonderzoek van Remote Sensing technieken).

Onder verantwoordelijkheid van de voormalige Begeleidingscommissie Remote Sensing is het onderzoek gericht op ontwikkeling van toepassingen ten behoeve van de overheid daarna voortgezet. In internationaal verband heeft remote sensing, met name vanuit satellieten, in de laatste 15 jaar een stormachtige ontwikkeling doorgemaakt. Allereerst zijn operationele toepassingen verricht voor de meteorologie. Vervolgens is onder leiding van NASA het gebruik van landobservatiesatellieten ontwikkeld voor toepassingen ten behoeve van geologie, land surveying, inventarisatie van landbouwgewassen, etc. In Europees verband wordt nu onder leiding van de ESA gewerkt aan de bouw van een satelliet voor oceanografische en klimatologische toepassingen, de ERS-1.

Omdat in Nederland in de laatste jaren reeds veel kennis en ervaring vanuit het onderzoek is opgebouwd en er uitzicht bestaat op het verder uitbreiden van maatschappelijke en economisch relevante toepassingen, bevindt Nederland zich nu in een kansrijke positie om vanuit een eigen nationale inspanning daarvoor de eigen mogelijkheden te versterken.

Het huidige Nationaal Remote Sensing Programma is een programma voor gerichte stimulering van nieuwe groeiactiviteiten binnen zowel de sfeer van de overheid als die van het bedrijfsleven.

Op 29 mei 1986 heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat, mw. drs. N. Smit-Kroes, de Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS) ingesteld. In de BCRS hebben vertegenwoordigers vanuit de betrokken departementen, de industrie en de dienstverlenende ingenieursbureaus zitting. De BCRS is verantwoordelijk voor de uitvoering van het NRSP. Daarnaast levert de BCRS een belangrijke inbreng in de Nederlandse positiebepaling ten aanzien van remote sensing in internationaal verband buiten het NRSP-kader.

Als onderdeel van het NRSP zal de BCRS voorstellen ontwikkelen voor de voortzetting van de remote sensing inspanningen na 1990.

Doelstellingen en prioriteiten

Het huidige Nederlandse beleid op het gebied van remote sensing is gericht op het realiseren van de volgende doelstellingen:

1. Het bevorderen van operationalisering van toepassingen;
2. Het commercialiseren van operationele toepassingen en diensten op remote sensing gebied;
3. Het stimuleren van onderzoek gericht op toepassingen;
4. Het versterken van noodzakelijk achtergrondonderzoek;
5. Het bevorderen van technologische ontwikkelingen;
6. Het verbeteren van de remote sensing infrastructuur.

Binnen deze doelstellingen wordt vanwege de bestaande behoeften prioriteit verleend aan de volgende terreinen:

a. Operationalisering met mogelijkheden voor commerciële dienstverlening;
b. Ontwikkeling van toepassingen in het belang van Derde Wereld landen;
c. Voorbereiding op het gebruik van de ESA zeeobservatiesatelliet ERS-1;
d. Versterking van de basis van het remote sensing onderzoek.

Achtereenvolgens worden de doelstellingen van het NRSP en de prioriteitsterreinen toegelicht. Remote sensing is geen wetenschappelijke discipline op zich, doch een hulpmiddel voor het inwinnen van gegevens over de aard en de veranderingen van het aard- en zeeoppervlak. De inspanningen zijn daarom primair gericht op het ontwikkelen van toepassingen. Daarbij moet worden opgemerkt dat remote sensing slechts tot in zekere mate nu bestaande waarnemingstechnieken zal vervangen. Remote sensing biedt vooral een belangrijke aanvulling, omdat informatie zeer snel over zeer grote oppervlakken en met hoge regelmaat beschikbaar komt. Dit biedt perspectief voor grensverlegging in het wetenschappelijk onderzoek (denk aan oceanografie en klimatologie bijvoorbeeld) en voor nieuwe toepassingen die aansluiten op de mogelijkheden van de informatie-technologie.

Onder operationalisering van remote sensing verstaat men de fase waarin een reeds aangetoonde bruikbaarheid voor een toepassing in de praktijkomstandigheden van de gebruiker wordt geëvalueerd op zijn inpasbaarheid. Dit betekent onder meer dat, waar dit mogelijk is, ook de kosten-baten aspecten onderzocht zullen worden. Binnen het NRSP zal bijna de helft van de voor operationalisering beschikbare middelen worden aangewend voor toepassingen op het gebied van de waterstaat.

Toepassingen die reeds operationeel zijn komen uiteraard niet voor stimulering vanuit het NRSP in aanmerking. Voorbeelden daarvan zijn: routinematig gebruik van luchtfotografie, het gebruik van weersatellietgegevens voor de opstelling van de weersverwachting en het gebruik van het olie-opsporingsvliegtuig boven de Noordzee. Voor de Nederlandse ingenieursbureaus bestaan kansrijke mogelijkheden door het opnemen van remote sensing toepassingen in de door hen aangeboden diensten. Gebleken is dat Nederland in vergelijking met buitenlandse bedrijven zich in een achterstandssituatie bevindt.

Commercialisering binnen het NRSP is er op gericht om via ondersteunende subsidies achterstanden weg te nemen door middel van kennisopbouw, marktverkenning en marktbetreding. Daarbij zal worden bevorderd dat beschikbare kennis bij instellingen in de sfeer van de overheid door samenwerking binnen projecten aan ingenieursbureaus worden overgedragen.

Op toepassingen gericht onderzoek vindt plaats vanuit beschikbare basiskennis betreffende opnamemethode en de interpretatie van de verkregen gegevens. Vervolgens zijn de te gebruiken opname- en verwerkingsystemen eveneens beschikbaar. Het onderzoek speelt zich nu niet af in een laboratoriumomgeving, doch sluit aan bij een concrete behoefte van een potentiële gebruiker. In deze praktijksituatie is interdisciplinaire samenwerking van groot belang om de vereiste wisselwerking tussen de potentiële gebruikers en de remote sensing deskundigen tot stand te brengen. Het toepassingsonderzoek zal zich binnen het NRSP zowel richten op nieuwe mogelijkheden verkregen vanuit het basisonderzoek, alsmede op het gebruik van fenomenologisch georiënteerde methoden.

Het achtergrondonderzoek in remote sensing heeft betrekking op de relaties tussen de verkregen meetgegevens en de processen aan de aard- en zeeoppervlak, die reflectie en emissie van de electromagnetische straling beschrijven. In het NRSP zijn vier werkgroepen aangewezen waarbinnen de projecten voor het achtergrond onderzoek worden uitgevoerd en op elkaar worden afgestemd. De werkgroepen leggen zich toe op het onderzoek betreffende het gebruik van optische remote sensing technieken enerzijds en microgolftechnieken anderzijds voor land- en zeeobservatie.

In de afgelopen jaren heeft met name Nederland relatief veel inspanning besteed aan het achtergrondonderzoek en kan daardoor op dit terrein een goede positie worden opgebouwd. Het NRSP wil in het toepassingsonderzoek van deze resultaten profiteren en tevens het noodzakelijk achtergrondonderzoek ten behoeve van de verdere ontwikkeling van remote sensing technieken bevorderen.

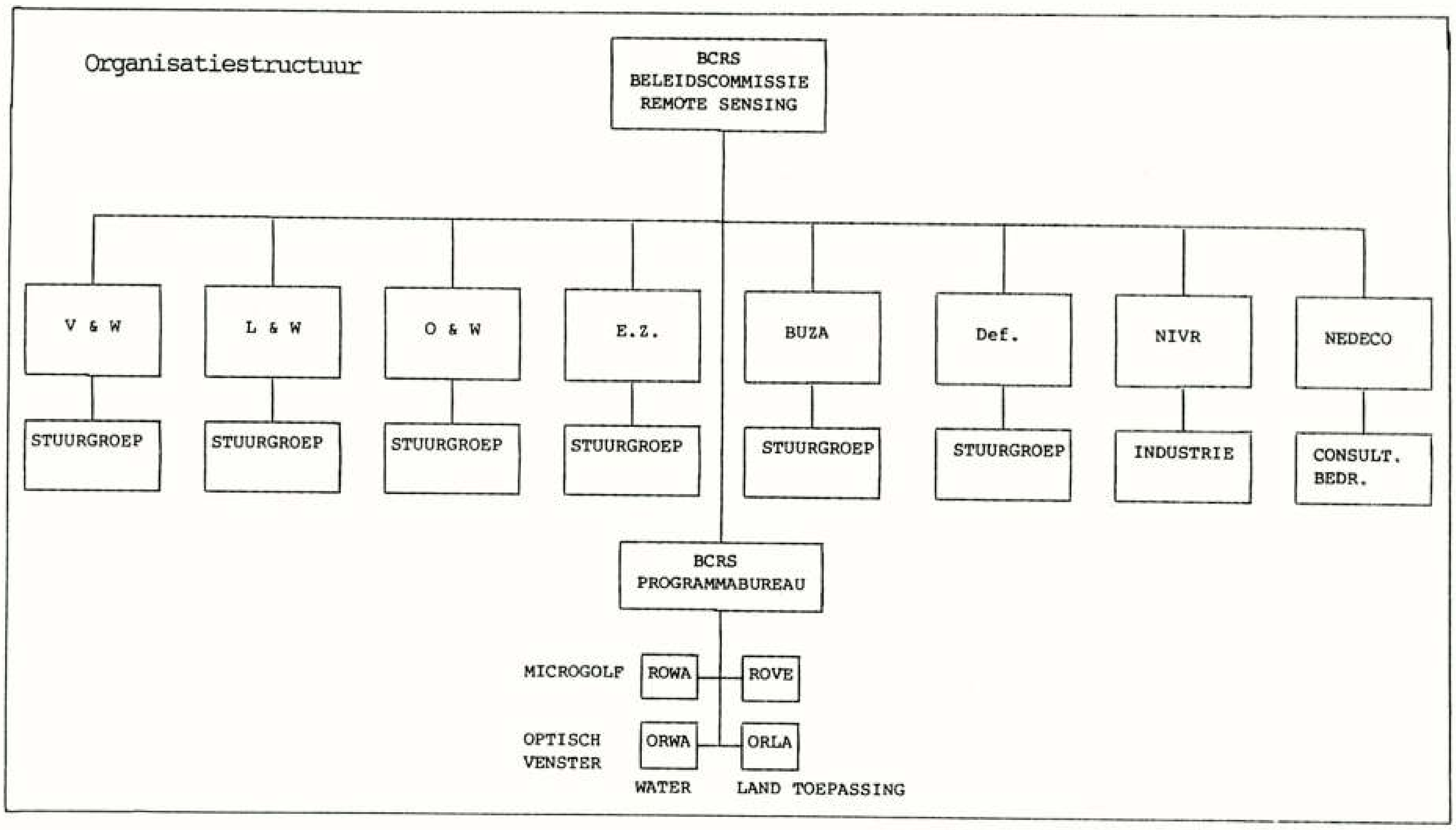
Binnen het onderdeel 'technologie-ontwikkeling' wordt vooral het ontwikkelen van sensorsystemen en programmatuur voor digitale gegevensverwerking verstaan. In Nederland zijn reeds geavanceerde sensorsystemen voor gebruik vanuit vliegtuigen ontwikkeld. In dit verband kunnen genoemd worden: een digitale 'side--looking airborne radar', een multiband airborne radar

scatterometer en een multispectrale optische scanner, gebaseerd op 'charge-coupled device'(CCD) detector--arrays.
In het NRSP zijn mogelijkheden aanwezig voor een Nederlandse inspanning op het gebied van Synthetische Apertuur Radar (SAR). Deze techniek is met name voor toepassing vanuit de ruimte interessant, omdat ondanks de grote afstand daarmee een groot ruimtelijk scheidend vermogen kan worden verkregen. Ook bestaan er mogelijkheden om het gebruik van lasers voor optische metingen van bijvoorbeeld de waterdiepte te ontwikkelen. In het NRSP zal binnen dit programma-onderdeel de rol van de industrie gestimuleerd worden. Alhoewel de marktmogelijkheden voor remote sensing opname-apparatuur als beperkt kunnen worden beschouwd kunnen voor technologie-ontwikkeling 'spin-off' resultaten worden voorzien naar zowel de toepassingen binnen de ruimtevaart als naar toepassingen buiten remote sensing gelegen.

De verbetering van de remote sensing infrastructuur omvat de beschikbaarheid en de toegankelijkheid van opname-, verwerkings- en distributie systemen, de informatievoorziening, de gewenste 'public relations' en de bevordering van onderwijsmogelijkheden. Zo zal de BCRS met betrekking tot remote sensing apparatuur een zgn. 'instrumentenpool' beheren. Ook kent Nederland een in remote sensing gespecialiseerde bibliotheek, de zo geheten NIWARS-bibliotheek, die is ondergebracht in het Staringgebouw te Wageningen. Aanschaffingen welke grote investeringen vereisen en welke slechts in beperkte mate ten algemene nutte zijn, kunnen evenwel niet vanuit het NRSP worden gefinancieerd.
Dat operationalisering en commercialisering in het NRSP prioriteit krijgen is uit het voorgaande reeds voldoende duidelijk geworden.
Omdat remote sensing toch met name perspectieven biedt voor 'informatie-arme landen' is deze technologie ook van belang binnen Nederlandse projecten voor ontwikkelingssamenwerking. Vanwege de Nederlandse aandacht voor ontwikkelingssamenwerking wordt aan projecten waarbinnen van remote sensing een nuttig gebruik kan worden gemaakt prioriteit verleend. Dit geldt met name voor die projecten die gericht zijn op een verbetering van de voedselsituatie en in landen worden uitgevoerd waarop de Nederlandse ontwikkelingssamenwerking zich concentreert.
In ESA-verband neemt Nederland deel aan de bouw en de exploitatie van de zee-observatiesatelliet ERS-1. Nederland draagt daarin ongeveer 50 miljoen gulden bij. De beslissing om aan het ERS-1 programma deel te nemen was vooral gebaseerd op het voorziene gebruikersbelang voor met name het KNMI, Rijkswaterstaat, DGSM en de offshore industrie.
Het voorbereiden van de toekomstige gebruikers en het treffen van infrastructurele voorzieningen op nationaal niveau behoort echter niet tot de taken van de ESA. Dit is binnen de daarvoor gemaakte afspraken een eigen verantwoordelijkheid van de landen die aan het ERS-1 programma deelnemen. Van de middelen van het NRSP zal ongeveer 20% (6 miljoen gulden) worden aangewend voor het zogeheten 'flankerend' ERS-1 programma. Binnen dit onderdeel zullen studies worden uitgevoerd betreffende het achtergrondonderzoek ten behoeve van interpretatie van ERS-1 gegevens, toepassingsonderzoek naar assimilatie van ERS-1 gegevens met bestaande verwachtingsmodellen en ten behoeve van de op te zetten ERS-1 infrastructuur. Na de lancering van ERS-1 in 1989 zullen diverse Nederlandse onderzoekers 'proof-of-concept' studies uitvoeren, veelal in internationaal verband.

<u>BCRS organisatie structuur</u>
In bijgaande figuur is de organisatie structuur van de BCRS aangegeven. In de BCRS is het departement van Verkeer en Waterstaat (V&W) het penvoerend ministerie. Overige departementen die in de BCRS vertegenwoordigd zijn, zijn achtereenvolgens Landbouw en Visserij (L&V), Onderwijs en Wetenschappen (O&W), Buitenlandse Zaken (BuZa) en Defensie (Def.). Laatstgenoemd ministerie neemt als waarnemer aan de BCRS deel.
De departementen zijn op beleidsniveau vertegenwoordigd. De bedrijven welke zich uit technologie-ontwikkeling bezig houden worden in de BCRS vertegenwoordigd door het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR). De ingenieursbureaus worden vertegenwoordigd vanuit NEDECO, waarbij de achterban van de ONRI is betrokken. Het voorzitterschap van de BCRS wordt bekleed door de plaatsvervangend secretaris-generaal van Verkeer en Waterstaat. Het departement van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) neemt niet in de BCRS deel, omdat zij aan remote sensing niet voldoende prioriteit toekent.

Voor de uitvoering van het NRSP is aan de BCRS een programmabureau toegevoegd. Daarvoor zijn nu drie formatieplaatsen door Rijkswaterstaat vrijgemaakt bij de Meetkundige Dienst. Het programmabureau is belast met het dagelijks programmamanagement, het beheer van de financiën, de beoordeling van projectvoorstellen, het contracteren van projecten, het beheer van de instrumentenpool, het verzorgen van de public relations, het onderhouden van internationale contacten en het uitgeven van de driemaandelijkse 'Remote Sensing Nieuwsbrief'.
Het aantal Nederlandse instellingen en bedrijven dat inmiddels bij de uitvoering van het NRSP is betrokken is relatief groot en omvat een breed terrein van mogelijkheden voor toepassingen en onderzoek. Dit artikel is niet bedoeld om een volledig overzicht van alle betrokkenen te verschaffen. Slechts wordt volstaan met het vermelden van bijvoorbeeld de diverse diensten en directies van Rijkswaterstaat, het KNMI, een groot



aantal Wageningse instituten voor onderzoek in landbouw, bosbouw en natuurbeheer, diverse universiteiten, het ITC, het NLR, het Waterloopkundig Laboratorium, het FEL-TNO en de TPD. De ingenieursbureaus die momenteel in het NRSP deelnemen zijn: DHV, Witteveen en Bos, BKH, Euroconsult, Epex, Volker Stevin en EARS.

De financiering van het NRSP

In de onderstaande tabel wordt weergegeven hoe de financiële middelen zijn toegewezen aan de zes programma-onderdelen en hoe deze over de jaren 1986 tot en met 1990 zijn verdeeld. Het totaal van 29,7 miljoen gulden wordt bijeengebracht door de deelnemende departementen. Deze middelen worden aangewend om het in het NRSP omschreven beleid uit te voeren en de middelen niet zozeer naar rato voor departementale belangen te besteden.

Tabel
Verdeling van de financiële middelen over de onderdelen van het programma

(bedragen in miljoenen guldens)

	1986	*1987*	*1988*	*1989*	*1990*	*totaal*
Operationalisering	0,55	0,75	0,9	1,1	1,1	4,4
Commercialisering	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	4,0
Toepassingsonderzoek	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	5,1
Achtergrondonderzoek	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	6,9
Technologieontwikkeling	1,1	1,3	1,4	1,5	1,3	6,6
Infrastructuur	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	2,7
totaal	5,25	5,75	6,1	6,4	6,2	29,7

Een belangrijk aspect is het principe van de eigen bijdrage van de belanghebbenden bij de uitvoering van projecten. Deze eigen bijdrage kan zich afhankelijk van dit belang bewegen tussen 20% en 50% van de totale kosten.
In principe worden per project afzondelijk de te besteden bedragen genoteerd tot een vastgesteld maximum. Voor projecten met een omvang vanaf fl. 50.000,-- wordt tussen de verantwoordelijke uitvoerder en de BCRS een overeenkomst gesloten. Naast de verdeling zoals weergegeven in de tabel wordt ernaar gestreefd om ongeveer 20% van het budget aan te wenden voor het financieren van extra personeelsplaatsen op contractbasis. Dit is gewenst om het aantal beschikbare remote sensing deskundigen op termijn uit te breiden.

Tijdens het lopende programma zullen voorstellen worden geformuleerd voor de meerjarenbegroting na 1990. Voorshands zal worden uitgegaan van een uitgavenniveau ter omvang van de bedragen die aan het einde van het NRSP worden besteed. In 1988 zal het NRSP tussentijds worden geëvalueerd ten behoeve van zowel het noodzakelijk bijstellen, als ten behoeve van het mogelijk deelnemen van Defensie in de BCRS en het besluit over de continuering van de bijdrage vanuit Ontwikkelingssamenwerking. In 1989 wordt het NRSP opnieuw geëvalueerd teneinde de besluitvorming voor te bereiden over de wijze van voortzetting van het programma na 1990.

Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.

A MODULAR AND VERSATILE ACQUISITION, RECORDING AND PREPROCESSING SYSTEM FOR AIRBORNE REMOTE SENSING

H. Pouwels L.J. Aartman

National Aerospace Laboratory NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
The Netherlands

ABSTRACT

The National Aerospace Laboratory "NLR" is the operator of an aircraft which can be equipped with either a SLAR, a multi spectral scanner or a TV-based scanner. The airborne recording equipment is designed to accommodate these various sensors. The general airborne system setup is: the sensor, a dedicated digitizing unit and an interface to a High Density Digital Tape recorder. Aircraft parameters like position, attitude and time are recorded on the same tape. Flight tapes are replayed on existing equipment as used for PCM encoded telemetry data; only a High Bit Rate Decoding unit is added. Raw remote sensing data and flight data are transfered to computer tapes. The software system PARES (Preprocessing Airborne Remote Sensing) performs radiometric and geometric corrections for aircraft motion and for sensor characteristics.

Keywords: Airborne remote sensing, digital instrumentation, data handling, preprocessing.

1. INTRODUCTION

In the sixties and early seventies the National Aerospace Laboratory of the Netherlands - NLR - (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) operated an airborne thermal infrared scanner and a side looking airborne radar (SLAR). The recording of the signals was on analogue magnetic tape or on film.

Dedicated analogue electronic circuits were designed to correct, in flight, for systematic distortions of the signals and for offset, drift and gain of the detector and associated electronics. The result was a lot variables (and settings, adjustments) to be controlled by an experienced operator in order to achieve usable data.

In the Netherlands, cooperation of various institutes with interest in remote sensing is well organized. In 1977 a plan was developed to build a new SLAR system for airborne remote sensing. At that time it was decided to go digital for the recording of the data. It was also decided that the data should be recorded in its purest possible form and that all kind of operations on the data should be performed on the ground with the aid of computers.

This was the beginning of the modular digital chain of equipment for the recording and preprocessing of airborne remote sensing data of various sensors.

2. THE MODULAR SYSTEM CONCEPT

The complete remote sensing chain is divided into four segments:

- the airborne acquisition and recording segment
- the data selection and preparation segment
- the preprocessing segment
- the user segment.

The airborne front end consists of a sensor connected to a dedicated digitizing interface unit. The digital data of this unit is handled by a recording interface which prepares the data to be recorded on a High Density Digital Tape (HDDT). Information like attitude and position from the aircraft navigation system as well as time are recorded on the same tape.

The replay station for the flight tapes is situated at NLR facilities in Amsterdam. An extensive use is made of the existing installation for the replay of flight tapes from test aircraft of Fokker, Royal Netherlands Airforce, NLR and others. An extension of the installation was necessary to accommodate the HDDT tapes. A dry silver continuous film writer for a quick look facility was added to the system. Software to select remote sensing data based on time and to transfer the selected data to computer compatible tape is available.

Preprocessing is performed by the software system PARES. In this part of the system the radiometric calibration takes place, calculations and corrections for well know phenomena are performed and the position and attitude data of the aircraft are taken into account to register the remote sensing data to a geographic correct grid. For example: SLAR data is processed to a digital geographic "map" of radar backscatter coefficients recorded on computer tape.

The user segment at NLR is a remote sensing research tool based on a DIPIX ARIES II Image Processing system. All kinds of data manipulations, statistics, classifications etc are available.

3. AIRBORNE ACQUISITION AND RECORDING

The airborne segment is composed of 4 parts for the remote sensing data and of 3 parts for the flight information data and an airborne instrumentation recorder.

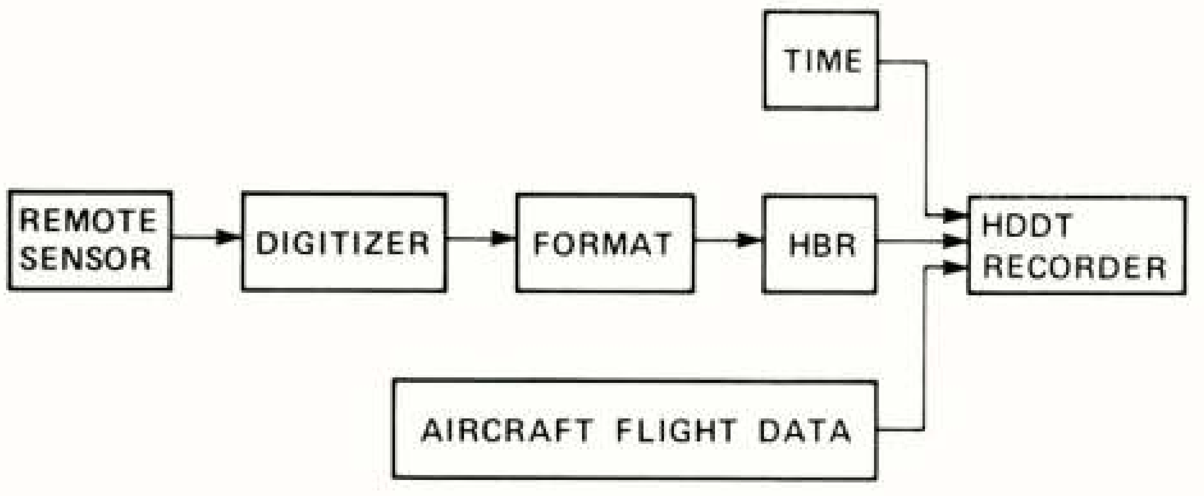


Figure 1. Airborne segment for remote sensing data

3.1 Remote sensor

The first module of the chain is of course the sensor or the sensor system, which outputs a signal or a combination of signals, representing the measured remote sensing information. In most cases the signal is an analogue signal. This signal is presented to the next module: the digitizing unit. Accompanying timing signals can be generated by the sensor or by the digitizing unit. As an example: the SLAR delivers a trigger pulse at the transmission of the radar pulse and an analogue signal representing the power of the received backscatter signal.

3.2 Digitizer

The digitizer is an interface between the sensor, with its analogue signals, and the digital recording part. The analogue signals are filtered and amplified to match the Analogue to Digital Conversion (ADC). Depending on the type of signals and the user requirements the number of bits of the ADC is chosen as well as the conversion speed and number of conversions per event. In general the number of bits is related to the full dynamic range of the signal: no knobs are required to match the signal to the ADC range. The conversion speed is related to the highest signal frequency: there are no knobs to control the band width of the signal applied to the ADC. This means that operator mistakes or misreading can not happen and the operator does not need an extensive knowledge about the behavior of the sensor signals. All required data processing has to be performed on the ground using the original high resolution raw data, giving the possibility to experiment with different kinds of processing.

The digitizing unit operates on a line to line basis and contains one or more line buffers. When a line is acquired a command is sent to the Format interface. The format interface is connected to the digitizing unit via a bi-directional data bus. At the reception of the command the stored line is transfered to the format interface by a DMA like (Direct Memory Access) process, controlled by handshake signals.

3.3 Format interface

The format interface is the first module in the chain that has not to be exchanged when another sensor system is installed. This box takes sample values from the line buffers in the digitizer and organizes the bits in a frame structure as commonly used by telemetry of digital data.

The unit is programmable by mounting a jumper plug on the front of the unit. Programmable items are:

- the constant output bit rate (8.4 Mb/s max)
- the number of bits per word (16 max)
- the bit to be recorded as most significant bit
- the number of words per channel (4096 max)
- the number of channels per line (16 max).

A parity bit is added to each word. Each frame takes the data of one channel together with a small number of words with administrative information. The channels of one line are put into successive frames without interruption. During the dead time between lines the unit transmits zero bits in order to keep the line busy and thus maintaining bit clocking information. The output is a single line bit serial data transmission with a separate clock line.



Figure 2. Format interface (L) and a Digitizer (R).

3.4 HBR interface

The bit serial signal of the format interface is the input for the High Bit rate Recording (HBR) system. The HBR system is a commercially available, custom tailor made, system from AMPEX. In this application seven tracks of the recorder are used for the remote sensing data, so the HBR unit has to demultiplex the input and has to provide synchronization signals in order to recover at playback the original bit serial signal.

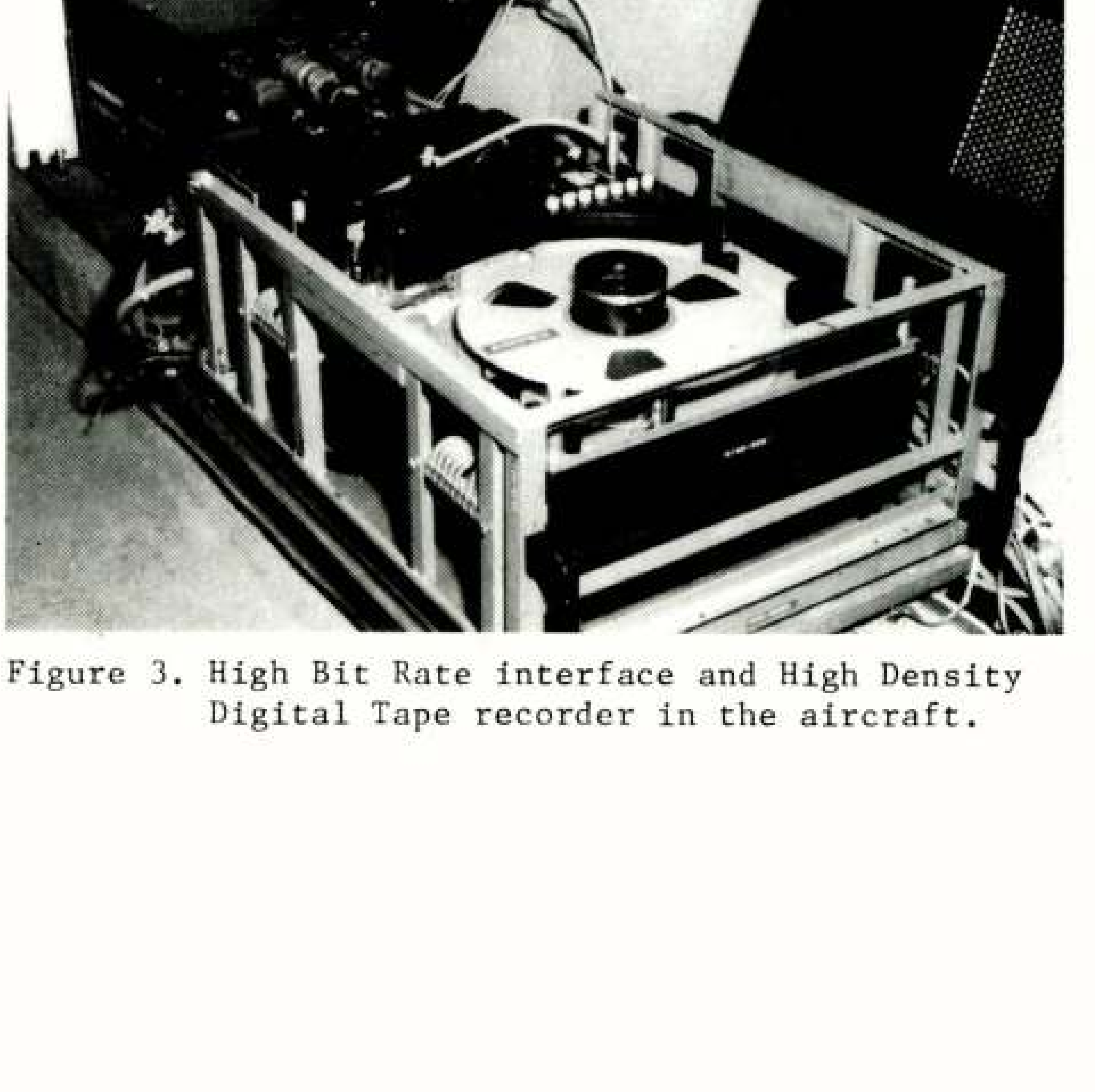


Figure 3. High Bit Rate interface and High Density Digital Tape recorder in the aircraft.

The density on tape is 23.3 kb/inch (9.2 kb/cm) per track using the Miller square code.

A pilot signal to control the tape speed is generated in accordance with the input bit rate.

3.5 HDDT recorder

The High Density Digital Tape recorder is an Ampex AR700 airborne instrumentation recorder with 14 tracks on 1 inch wide tape. As indicated 7 tracks are used for the HBR remote sensing data; the other tracks are used to record time and aircraft flight data. At maximum speed the tape can run continuously for 16 minutes, storing 8 Gbit remote sensing data.

3.6 Aircraft flight data

Remote sensing systems rely for at least one of the geometric scan directions on the forward movement of the platform (aircraft in this case). A good knowledge of the actual position and velocity of the platform is essential. For non stabilized sensors the attitude of the platform is essential for the calculation of the looking angle of the detector.

An inertial navigation system provides horizontal position and velocity in earth coordinates as well as attitude angles. The outputs of the inertial navigation system of the NLR aircraft are recorded on the same tape unit as the remote sensing data.

Accurate information in the vertical direction, especially at higher altitudes is difficult. Normal inertial navigation equipment provides for poor vertical information, because civilian airliners fly on pressure altitude. Pressure altimeters do need knowledge of the local pressure on the ground and stable conditions. Radio altimeters measure height over the terrain which gives only good results in flat regions. For SLAR the problem is solved by using the SLAR signal to measure height; for other systems a combination of pressure and inertial data can be used.

3.7 Time

Time is an important parameter. In this system time is used to correlate remote sensing data to flight data of the aircraft. The remote sensing data and the other data are processed at different moments by different processes. The information is rejoined on time basis in the preprocessing segment of the chain.

For historic (NLR) reasons the time code generator produces an IRIG-B code which gives a resolution of 1 ms. For the remote sensing a resolution of 0.1 ms was required. A small microprocessor board with some electronics is developed which transforms the IRIG-B signal to an IRIG-A signal with the proper resolution. The time code generator time is GMT (Greenwich Mean Time) which enables the researchers to compare results with measurements (ground truth) taken at other locations.

3.8 Various remote sensor systems

The chain as described above was completed for a range of sensor systems. The main characteristics are given in the following list:

- SLAR, first generation:
  100 lines/s of 2000 samples/line
  at 20 Msamples/s, 8 bits.
- Thermal Infrared Scanner:
  400 lines/s of 1000 samples/line
  at 500 ksamples/s, 12 bit.
- TV camera as poor mans scanner:
  3 channels/line, 50 lines/s of 1000 samples/chan.
  at 20 Msamples/s, 8 bits.
- SLAR, second generation:
  200 lines/s of 4000 samples/line
  at 50 Msamples/s, 8 bits.
- CAESAR, CCD (Charge Coupled Device) scanner:
  12 channels/line, 200 lines/s of 1800 samples/chan.
  at 500 ksamples/s,12 bits.

Only one system at a time can be operated. Switching to another system is easy and fast: just install the new sensor and its associated digitizing unit, change the program plug on the format interface and ready for takeoff. All digitizer units fit in the same tray; cabling has not to be changed except for some connections of digitizer to sensor.

The next chapter will describe some of the sensor systems and in more detail the associated digitizers to show the modularity of the chain.

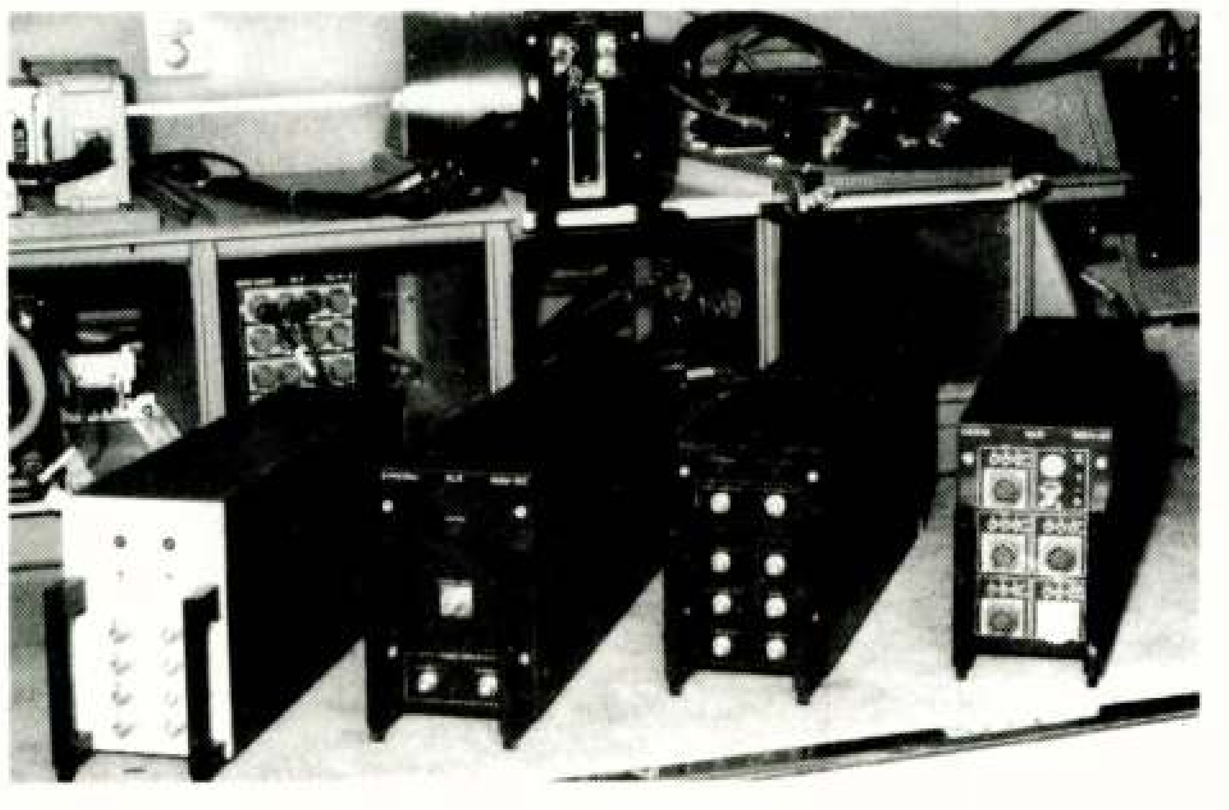


Figure 4. The electronics rack with the family of remote sensing digitizers

4. SOME SENSOR SYSTEMS AND THEIR DIGITIZERS

Two sensor systems and their digitizers are described. In the first part of this chapter an example of a rather simple schematic setup (although difficult in terms of high sample rates) is given: the SLAR and its digitizer. The subject of the second part of this chapter is the latest development: the CAESAR CCD scanner and its digitizer unit.

4.1 SLAR and SPEEDIG digitizer

The antenna is a 2.5 m long slotted waveguide mounted in a pod which can be fitted to the belly of the laboratory aircraft. The antenna diagram is fan shaped, perpendicular to the longitudinal axis of the aircraft.

Some characteristics of the radar are:

- 9.8 GHz, X-band
- 25 kW pulse power
- 50 ns pulse width
- 200 lines/s to digitize
- DC coupled video output
- 16 mrad horizontal beam width



Figure 5. The antenna of the SLAR under the aircraft

For the SLAR two digitizers have been developed: in 1978 a digital interface with the SLAR named SLARDIG and in 1984 a second generation interface named SPEEDIG. SPEEDIG operates at a higher sample rate and takes more samples of more lines per second than SLARDIG. The basic concept of the digitizer has not been changed.

Two radar signals are the input of the digitizer. A trigger pulse activates the Timing board, and a DC coupled "video" signal is fed to the Analogue to Digital Converter board.

The converted values are stored in a line buffer which takes about 80 microsecond; in the next 4.5 millisecond the line buffer is transfered to tape via the format interface, which leaves about 0.4 millisecond to pause before a new action starts. This scheme of operations makes it possible to work with a single line buffer in a successive read / write configuration.

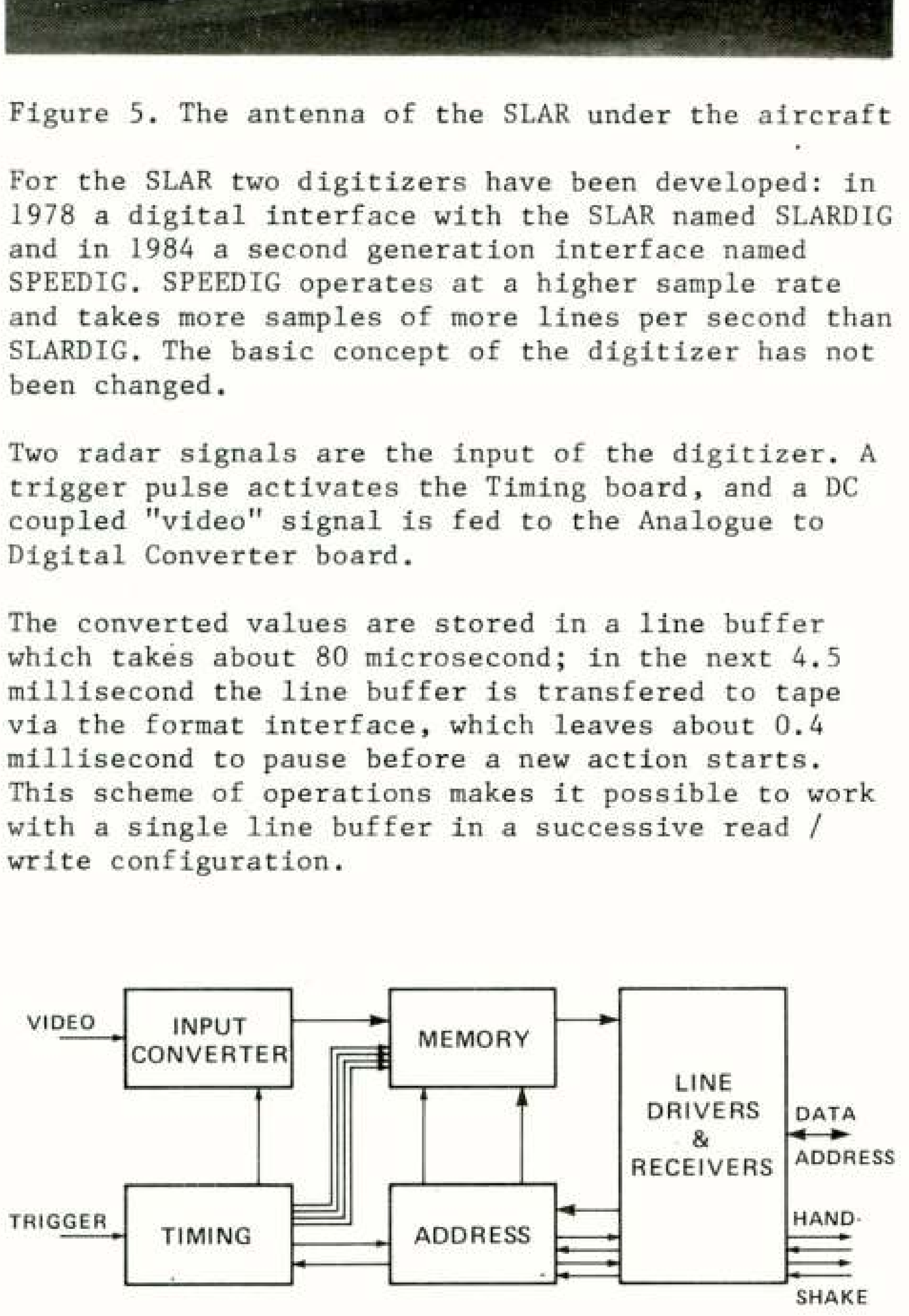


Figure 6. Schematic diagram of SLAR digitizing unit

4.1.1 Converter board. The converter board contains an input amplifier and an Analogue to Digital Converter. The converter operates at a sample rate of 50 Msamples/s producing 8 bit words. The converter is a flash converter: TRW type 1025.

4.1.2 Timing board. The timing board generates all control signals for the conversion of the radar signal and the writing of the digital words in a line buffer. Generated signals are:
- -start cycle pulse and address increment pulse for the address board,
- -conversion pulse for the converter board,
- -four register pulses and write pulse for the memory board.

Generation of the command pulses is stopped by an end of cycle signal generated by the address counter at the address board after 4096 conversions.

The heart of the timing board is a 50 MHz crystal controlled oscillator. A special trigger circuit starts conversion timing with a time uncertainty of only 5 nanosecond.

4.1.3 Memory board. The Memory board contains the line buffer organized as 4 x 8 x 1024 bits. 4 x 8 bits are written at the same time at 1/4 of the conversion speed (still 12.5 MHz). A bank of four 8 bit registers, controlled by the timing board, expand four successive converter words to a 32 bit super word. A second register of 32 bit is the interface to the memory. Write addresses are generated by the address board while the write command pulse is generated by the timing board. During "read" the memory output is organized in 8 bits per word. The read address and the 8 bit word selection is generated by the address board.

4.1.4 Address board. The address board contains a counter, an end of cycle detector, a read/write mode circuit and a handshake circuit for the communication with the format interface. The counter is reset by the start cycle command pulse of the timing board and also the mode circuit is set to "write". After every fourth conversion a 32 bit word has to be written into memory and the address is incremented upon command of the timing board. After 1024 address increment pulses (4096 conversions) the end of cycle detector will set the read/write mode circuit to "read" and generate the end of cycle signal to the timing board, which ends the conversion of the line.

The read mode is a trigger signal for the format interface to start the reading of the collected data stored in the line buffer. The read addresses are now generated by the format interface and transported over the bi-directional parallel data bus. A request signal is transmitted to signal the address on the bus. The address is loaded in the address counter which is in fact working as a parallel load register. An address accepted signal is sent to the format interface which responds with a command to put the requested data on the bus. Data will stay on the bus until a new request cycle starts.

4.1.5 Drivers / Receivers. Transmission and reception of the bus signals and handshake commands takes place via line drivers and receivers. The bus consists of 16 two-wire balanced connections.

4.2 CAESAR CCD scanner and CEDIG digitizer

CAESAR is a CCD scanner developed in the Netherlands (ref. 2,3). The sensor is composed of four cameras, each containing three CCDs. In front of each CCD a spectral filter is placed. Each camera carries two small boards with electronics to condition CCD power, timing and output signals. Timing information is controlled by the digitizing unit CEDIG (CAESAR Experimental DIGitizer) which also supplies power. The scanner is currently operated in a three,six or nine channel mode. Filter sets for observation of land and for observation of sea are available. A special set of spectral correlation filters has been designed. One camera is looking forward at an angle of about 50 degree. The spectral filters in this camera are the land filters.

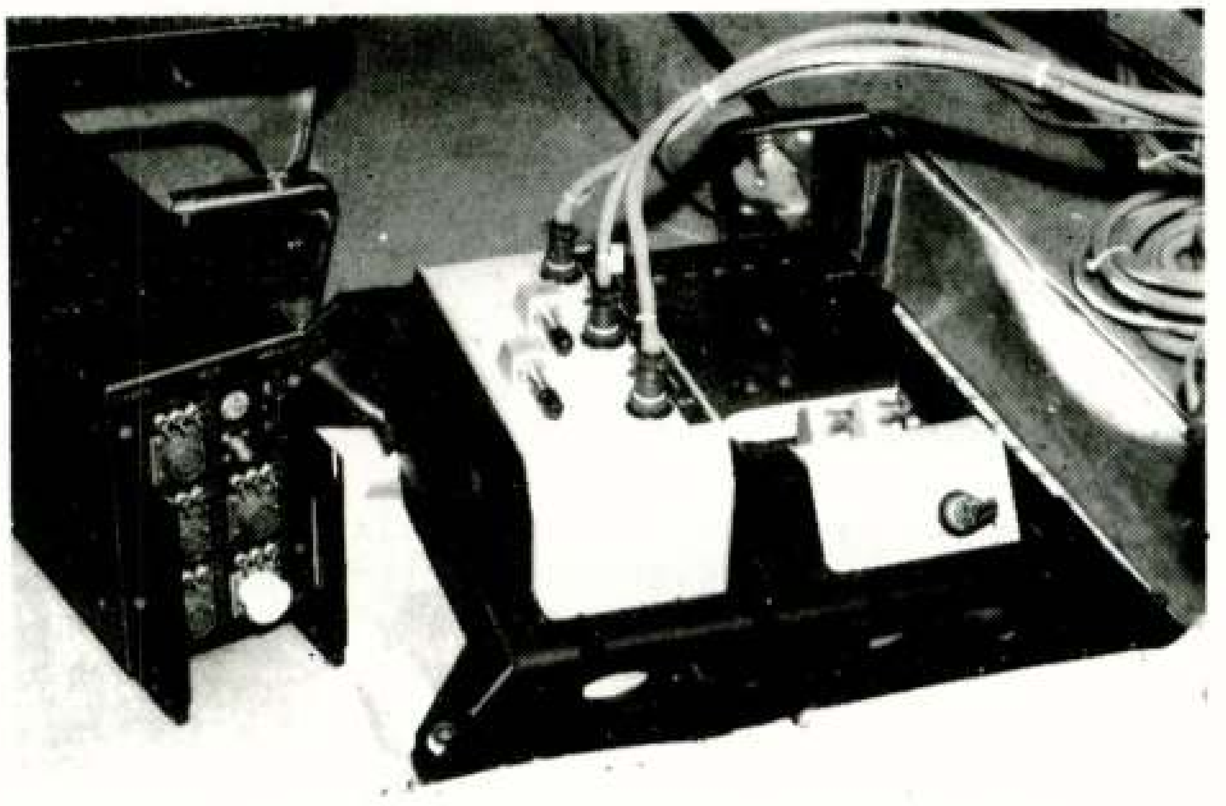


Figure 7. The CAESAR scanner mounted above the observation window in the aircraft and its digitizer on display.

The CAESAR digitizer CEDIG is a 12 channel digitizer. Each channel has its own Analogue to Digital Converter and its own double line buffer. Unlike SLAR the use of a single line buffer in successive read after write configuration is not possible: the conversion interval and the read interval interfere.

The channel signals are processed in parallel. Reading of the line buffer data is organized as channel per channel and pixel per pixel, independent of the conversion timing.

Timing is generated by CEDIG, including high speed pixel based command pulses and low speed line command pulses. Timing for the CCD cameras is generated by the CEDIG timing as well.

Channel selection, swath selection, and radiometric range/resolution is programmed via the jumper plug of the format interface. The recording capacity is limited to 8.4 Mb/s, which does not allow to record all data supplied by the channel boards. Reduction of the recorded swath width is one of the possibilities. In this case a roll correction is necessary to maintain a nadir centered image.

An in flight dynamic roll correction is realized by modification of the read addresses of the line buffers; the selected pixel range is moving through the memory (which can be seen as an image plane) to compensate the displacement caused by the roll of the aircraft.

In figure 8 a schematic diagram of the digitizer is given. Some of the elements of the SPEEDIG digitizer can be recognized, but the number of input boards is twelve instead of one and a number of new elements is added.

The following descriptions explain the functions and the relationships of the elements.

4.2.1 Channel boards. There are 12 identical channel boards. Each board contains not only the analogue signal conditioning and the analogue to digital converter but also a double digital line buffer and associated circuitry for communication with the internal CEDIG bus.

The analogue signal conditioning consists of an amplifier and a signal reference recover circuit. The signal is digitized by a 12 bit Analogue to Digital Converter working with a 1 microsecond conversion time. The digital values are stored in a double line buffer (2 sections of 2048 12 bits positions).

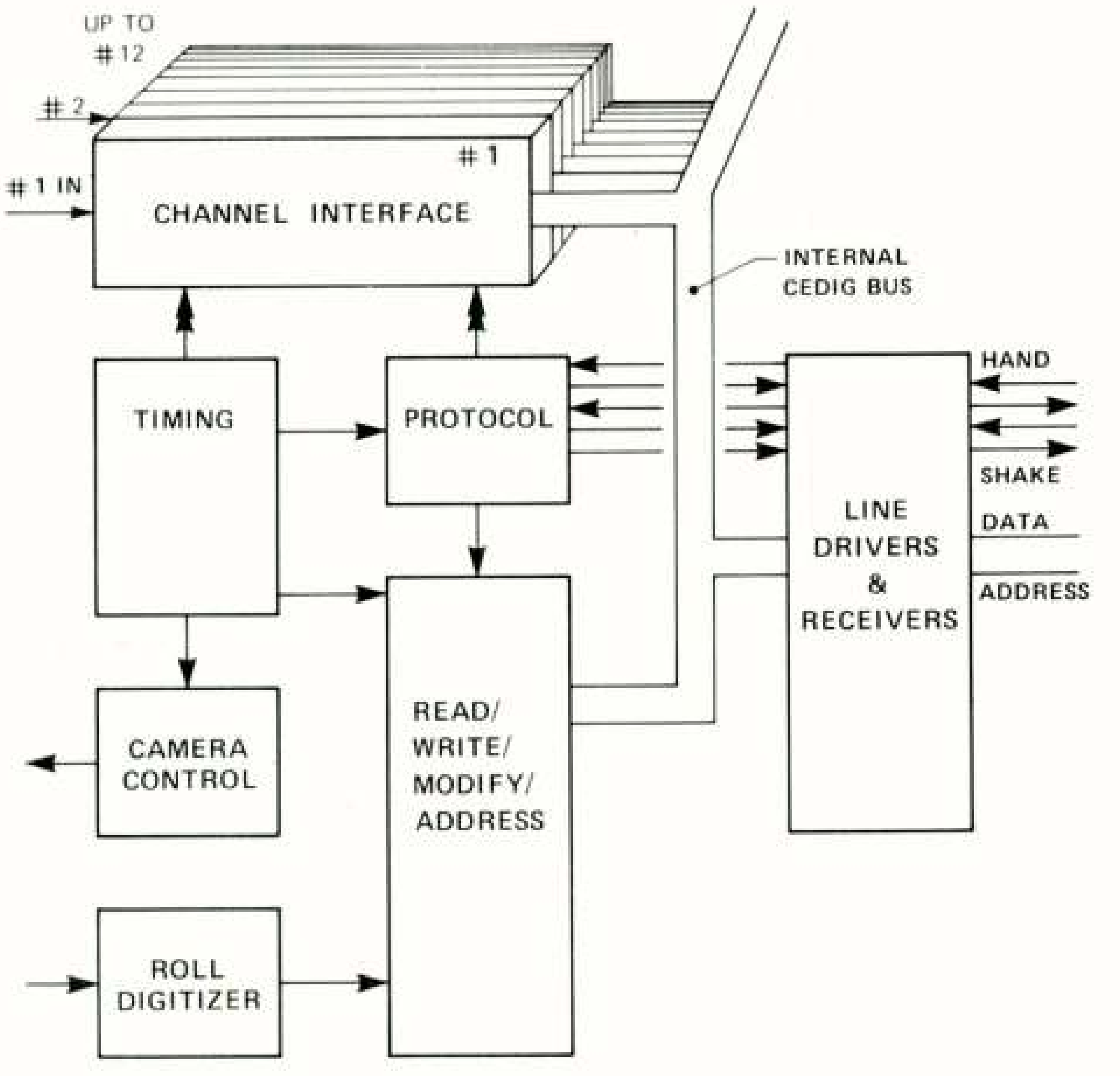


Figure 8. Simplified schematic diagram of the CAESAR digitizer CEDIG.

The line buffer is a ping pong buffer. One section contains the last completed line and is in the read mode while the other section is in write mode and is filled with the information of a new line. After completion of the line the mode of the two sections is switched. Reading and writing are independent and are executed in time multiplexed mode.

All timing signals are generated on other boards, as explained hereafter. The read and write addresses are also generated by other external circuits and are delivered via the CEDIG bus. The boards contain a register to store temporarily the received addresses. The data is sent via the same CEDIG bus to the line driver board.

Pixels with dark current values, signal reference values, channel number and board number are stored in a separate part of the line buffer. These pixels are always recorded for radiometric calibration purposes. The 'real' pixels are selected according to roll and swath width.

4.2.2 Timing board. The timing board produces all signals for driving and reading the CCDs and for the digitizing and storing of the information in the line buffers. Also the line interval (integration time) is controlled by the timing board.

The timing is composed of three parts. The first part is running at 23 MHz and divides a pixel interval in 64 time slots. A PROM is used to generate a number of control signals based on the 64 time slots. Typical signals are: "new pixel", "convert", "increment address".

The second part has a double function; it divides the line interval in 1792 pixel slots and in a number of "wait" slots. The total number of slots is given by the third part: the line interval generator. Processing of a line takes place during the 1792 pixel slots. Signals are generated (via PROM) to discriminate dark current pixels, signal reference pixels, empty pixels, etc. Each pixel slot is about 2.8 microsecond.

The third part determines the line interval. The shortest interval is 1792 pixel slots which takes 5 millisecond (200 lines/s). The line interval can be incremented by factors of about 1.4 like a photographic camera; the longest interval is 80 millisecond.

CCD read out timing is independent of the line interval. Effects of timing, if any, are the same for each interval setting.

4.2.3 Read/write address board. The write addresses are generated by two counters under control of the timing board. One counter delivers the addresses for the real pixels and the other delivers the addresses for the extraordinary pixels like the dark current cells. Addresses are sent to the channel boards via the CEDIG bus, on command of the Protocol board which is the CEDIG bus controller.

Read addresses are received from the format interface (recording interface) via the receivers as pixel sequence numbers. The sequence numbers have to be modified to line buffer read addresses. The lower sequence numbers ask for the extraordinary pixels. The higher numbers ask for pixels which have to be centered around the pixel containing nadir information. The transformation uses the angle of roll value and the total number of pixels per channel asked for.

Channel sequence number is part of the address and has to be translated to the location number of the board of the active channel.

4.2.4 Protocol board. All addresses and data values are transported via the internal CEDIG bus. The Protocol board is the controller of the traffic on the CEDIG bus and handles also the handshake with the format interface. The timing board asks for write permission and needs the bus for transmission of a write address.

The format interface asks for read permission which needs the use of the bus for the transmission of
1) the pixel sequence number,
2) the read address and
3) the data.
Worst case condition is the execution of one write cycle and three read cycles in one pixel slot of 2.8 microsecond.

4.2.5 Line drivers/receivers. The transmission and reception of the external bus signals and handshake commands (with the format interface) takes place via line drivers and receivers. The board contains local registers to release the internal bus as soon as possible. The external bus consists of 16 two-wire balanced connections.

4.2.6 Camera control board. The four CCD cameras are controlled by the timing of CEDIG and DC-power is distributed via this board. A coded signal is transmitted, containing timing commands for "new line", "new pixel" and "reset read out circuit".

4.2.7 Roll digitizer board. For the dynamic swath positioning the actual angle of roll is needed in digital form with a resolution step equal to the instantaneous field of view of a pixel (0.26 mrad.) This signal is available as a synchro output from the navigation sensor system. A special high resolution synchro to digital converter is developed. The resolution is 0.26 mrad and the range is +/- 0.13 rad. (7.6 deg.).

5. FLIGHT TAPE REPLAY AND QUICK LOOK

Flight tapes with digital test flight data are in use at NLR since the introduction of the first digital data acquisition system flown in 1959 in a DC8 of the KLM. A replay station for digital tapes of different size and structure is established at NLR. In general, all data is written in a continuous frame structured serial bit stream according to standard PCM formats as prescribed by IRIG. The replay station reads selected data from tape, calibrates the data to engineering units and calculates actual time of measurement. Prepared data is brought into a data base to be attached and processed by the users.

5.1 Equipment of the replay station

The hardware of the replay station consists of:
- tape replay unit
- switch box
- bit decoder (synchronizer)
- frame decoder (synchronizer)
- computer with peripherals
- tape search and control unit
- time code reader
- HBR decode box.

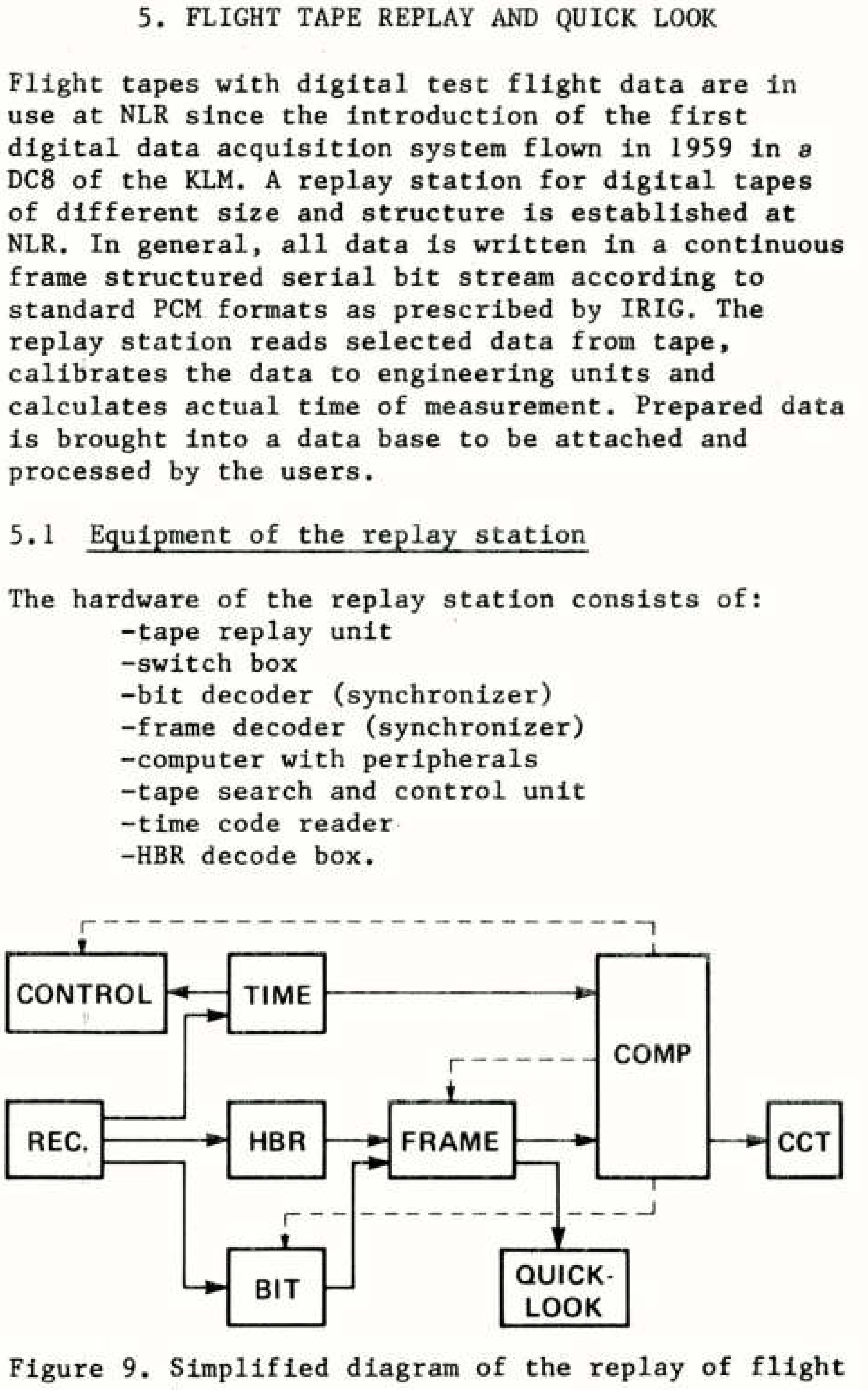


Figure 9. Simplified diagram of the replay of flight tapes

Only the basic chain is shown in the diagram. The heart of the system is the Time Code Reader in combination with the Tape Search and Control unit. All data selections are based on the time as recorded on tape. The time interval is sent from computer to the tape search and control unit. This unit controls the tape unit in search for the start time of the interval using the decoded time as read by the time code reader. When found a signal is given to the computer.

The selected track is connected to the bit synchronizer via the switch box. The bit synchronizer is set to the appropriate decoding scheme and its output is sent to the frame synchronizer. The frame synchronizer is programmed to decode the serial bit stream into words and frames. The decoded words are sent to the computer when the time interval is valid. Each new frame is indicated to the computer and the decoded time of that event is sent to the computer. All actions described are computer controlled.

The information on the flight path and attitude of the remote sensing aircraft is recorded according to the above mentioned rules and can be handled by the available system.

The remote sensing data has been written in High Density on more than one track. This could not be handled by the system, so a High Bit Rate decoding box (by AMPEX) was installed. This box decodes the seven track signals and combines the seven data streams into one serial signal. This signal is exactly the same signal as applied in the aircraft to the HBR interface: from airborne bit serial signal to ground based bit serial replay signal the recording system can be seen as a single transmission line. This signal can be decoded by the frame synchronizer. The HBR decoding box is the equivalent of the bit synchronizers for the "normal" data.

By reducing the replay speed of the tape unit the word rate to the computer is reduced to about 100 kwords/s in order to meet the computer interface specifications.

5.2 Quick look for remote sensing

A Digital to Analogue Converter is connected to the frame synchronizer and controls the intensity of the spot of a film writer. The time base of the film writer is triggered by the frame pulse of the frame synchronizer. The produced dry silver film gives a rather poor but usable image of the recorded remote sensing data. An indication of the time recorded on the tape is visualized on the film.

This quick look image is used by the researcher to select the areas of interest to be processed. The researcher can select time intervals, channels and pixel groups. In addition he can specify to calculate the average a number of pixels and a number of lines for data reduction purposes.

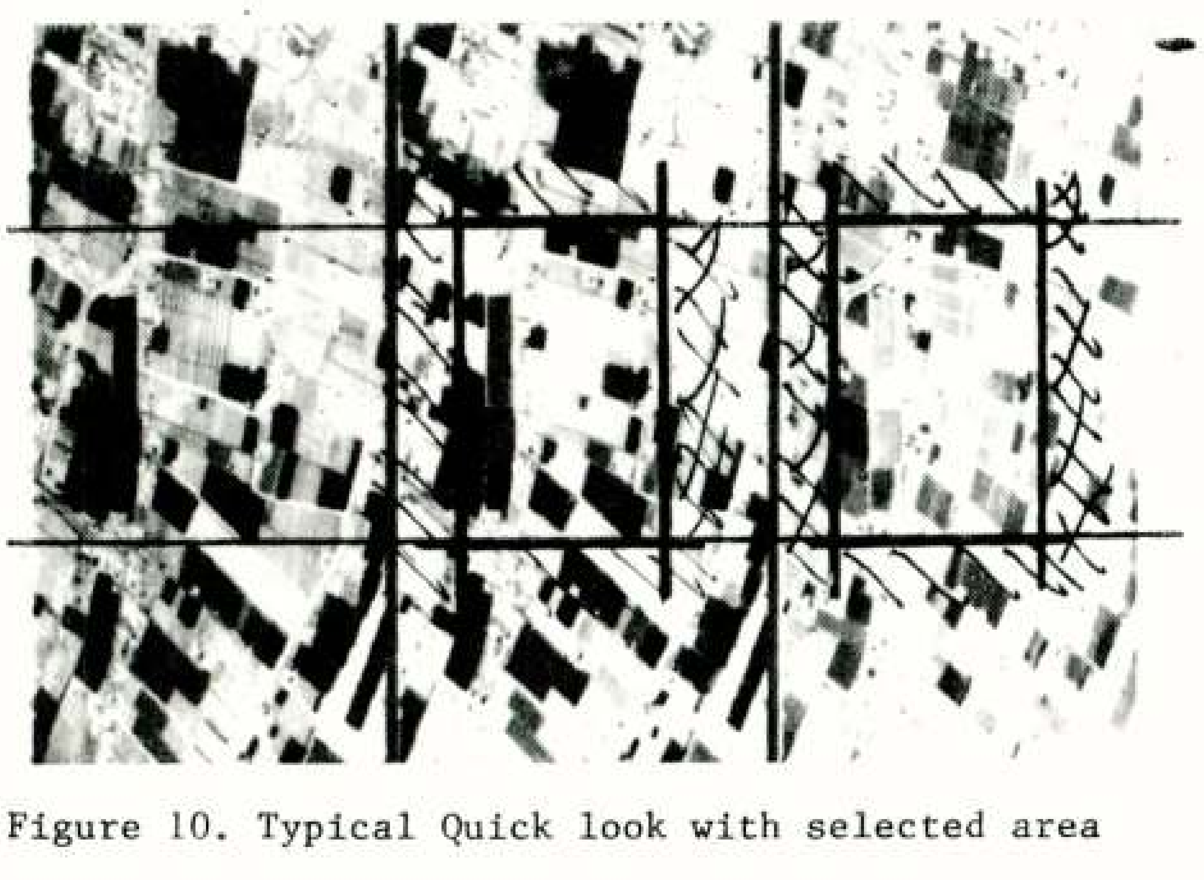


Figure 10. Typical Quick look with selected area

After the quick look assisted specification the data is replayed and written to computer tape. One full flight tape takes more then eight hours replay time and produces more then thirty computer tapes, which urges for extensive use of selection.

5.3 Transcription software for remote sensing data

The replay software for remote sensing data commands the hardware to read all data in the selected time interval and stores these data on disk.

Raw data is checked on parity errors, on structure (frame errors) and on missing frames or missing lines. Missing or erroneous data, frames or lines are replaced by zero values, or repaired. Typical administrative information to aid this process are line counter, channel counter and some control words in combination with time information.

Frame time as delivered by the Time Code Reader is corrected for frame length and systematic delays to provide the actual time of the measurement of the remote sensed data.

From the checked data the selected pixel groups of the selected channels are extracted. The sum of small groups of pixels and lines can be calculated. For example: the CAESAR scanners original pixels in the sea mode are 0.5 m wide by 3 m long. The size usually requested is about 15 by 15 m which allows to take the sum over groups of 30 pixels by 5 lines; a data reduction of 1:150 (remember the 30 computer tapes of one flight tape).

The resulting data is written to computer tape in a line interleaved structure with a fixed record length. The calculated actual time is added to the data on a line basis. The tapes are sent to the PARES software running on the main computer facility at NLR.

Flight data is sent to a data base residing in the main computer.

6. PREPROCESSING AIRBORNE REMOTE SENSING

The software system PARES is the preprocessing segment of the remote sensing chain. PARES is divided into two main programs: one for processing of radar data (SLAR) and one for processing of optical data (TV, CAESAR).

In general the first function of PARES is the radiometric calibration of the data inclusive the influence of well defined system parameters (e.g. radar antenna characteristics) and laws of physics (e.g. the propagation of radar signals).

The second function of PARES is geometric manipulation of remote sensing data. The effects of the geometry of the sensor system are calculated and corrected for (e.g. the S shaped distortion of a rotating scanner). The flight path of the aircraft is normally not a straight line and the attitude of the aircraft is not constantly horizontal. The most important parameters are: horizontal position and the angles of roll,pitch and yaw. These parameters are provided by the navigation system of the aircraft and are put into the data base via the tape replay station. Using this information the actual location of the spot of the terrain that contributed to a measured value is calculated and the calibrated radiometric value is assigned to that spot.

A digital "map" of the sensed terrain is generated in the computer.

The third function of PARES is to resample the digital map to match the geometric and radiometric resolution as required by the researcher and to transfer the data to a computer tape in an easy accessible format.

6.1 PARES for radar

The measurements of the SLAR represent the logarithm of the power of the received backscatter signals. In order to reduce speckle the average power of a number of measurements is calculated. This average is calculated in two steps.

6.1.1 Initial averaging. First a small number of lines is used to calculate an averaged super line; the time interval covered by the super line is so short that aircraft motions can be neglected.

6.1.2 Aircraft motion. In the second step aircraft motions cannot be neglected, so the complete radiometric and geometric calculation has to be done for each data point of each super line. This includes application of the radar formula (distance, height, three dimensional antenna diagram + angle of roll, incidence angle) and the complete three dimensional calculation of the actual area contributing to the data point. The calculated radiometric value for the actual area, the size of the area and the location of the area in the output grid of the image is used to split up the contributions of the data point to the different cells of the output grid according to the overlap of the actual area with the cell.

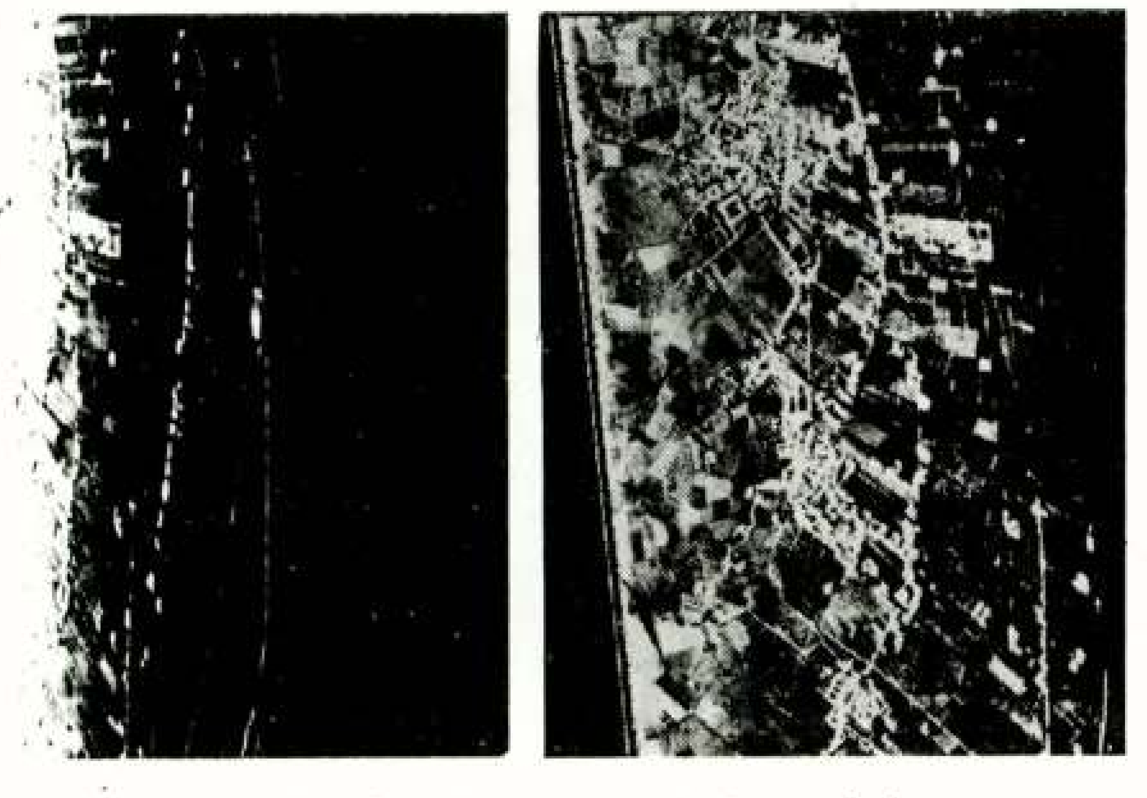


Figure 11. Detail of radar image before (L) and after (R) preprocessing by PARES.

6.1.3 Height. One of the special routines in the radar PARES is the height detection. As indicated in chapter 3.6 the information on the height of the aircraft is poor, but the radar signal itself contains the information. The first strong signal after transmission of the radar pulse is originating from the terrain right under the aircraft, so the height can be measured. A simple digital filter is applied to smooth the height values.

Height is an important parameter in the radar processing: it is used to calculate the incidence angle and the location of the illuminated area. For optical systems with lenses height is less important: an error results in a linear error in the scale of the grid.

6.1.4 Dynamic calibration. Another speciality of the radar system is the single point dynamic radiometric calibration. In the aircraft a well known small part of the transmitted radar pulse energy is delayed and returned to the receiver. This replica of the transmitted pulse is measured as a normal data point. Variations in power, receiver gain and digitizer gain affect the replica and the signal in the same way.

PARES uses the value of the measured replica to scale all data points of the same line. In this way the total gain of the system is normalized to a fixed value.

The total gain of the system is determined by an external calibration using well know radar targets like corner reflectors placed in the test area.

6.2 PARES for optical systems

Of the optical systems the CAESAR scanner is the most demanding system for PARES. Especially the radiometric calibration is a complex matter.

Each pixel of each CCD array is characterized by a sensitivity value and a zero value (dark current) which are determined in a dedicated calibration facility. The sensitivities are measured for each spectral filter that will be used in combination with that specific array. The zero value is influenced by temperature and is a linear function of the integration time (exposure time).

6.2.1 Radiometric calibration. The radiometric calibration is a two step activity. The first step is the application of a look up table containing the calibration points of the Analogue to Digital Conversion inclusive the amplifier section in the digitizer. The second step is the application of the look up tables with the calibration data of the CCD cameras inclusive the lens and spectral filter sections.

Each CCD contains besides the 1728 photosensitive elements some cells with an opaque coating. These dark current cells are measured during calibration of the arrays. The flight values of the dark current cells are compared to the calibration values and a correction factor is calculated. All calibrated zero values of all elements of that array are corrected with that factor, assuming the same behavior of all elements on temperature and integration time. The corrected zero values are subtracted from the measured values. The actual radiance is calculated using the individual calibrated sensitivity values.

6.2.2 Geometric correction. The geometric calculations are less complex then the calculations for the radar. The CAESAR scanner is hardmounted to the aircraft, but the signals are roll stabilized by electronic circuitry. Pitch, yaw and nonlinear motions of the aircraft distort the image. For each data point the contributing area of the ground is calculated and the corresponding cell of the grid is loaded with the radiometric value. The resulting "image" is written on computer tape.

7. THE USER SEGMENT: RESEDA

The computer tapes with the digital images as generated by the PARES software are presented to the user / researcher. One of his possibilities is the use of the NLR RESEDA station.

RESEDA is a remote sensing image processing facility with emphasis on research. The heart of the station is a PDP 11/44 based DIPIX ARIES II Image processing system. A lot of hardware and software is added, like:
- Optronics colour film writer 25 cm, 1:10000
- X-Y digitizer table 1 m, 1:10000
- Two disk units 330 Mbyte each
- atmospheric correction
- texture analysis
- segmentation of radar images
- Two dimensional Fourier transformation

The station is used to study remote sensing data and to develop new algorithms for application in remote sensing. It is a real research tool, with a ever growing list of capabilities.



Figure 12. A look at the RESEDA workstation

8. REFERENCES

1. Binnenkade, P. et.al. (1983) PARES Preprocessing of side-looking airborne radar data, NLR Technical Report TR 83009 L.
2. Bunnik, N.J.J. et.al. (1984) Development of an airborne CCD scanner for land and sea applications. MP 84082 U, NLR
3. Bunnik, N.J.J. et.al. (1986) CAESAR CCD airborne experimental scanner for applications in remote sensing. MP 86029 U, NLR
4. Pouwels, H. (1986) (digital recording of radar data, in dutch) Digitale registratie van radargegevens, I2-Elektrotechniek/Elektronica 7/8, 23-28

List of figures

Figure 1. Airborne segment for remote sensing data

Figure 2. Format interface (L) and a Digitizer (R).

Figure 3. High Bit Rate interface and High Density Digital Tape recorder in the aircraft.

Figure 4. The electronics rack with the family of remote sensing digitizers

Figure 5. The antenna of the SLAR under the aircraft

Figure 6. Schematic diagram of SLAR digitizing unit

Figure 7. The CAESAR scanner mounted above the observation window in the aircraft and its digitizer on display.

Figure 8. Simplified schematic diagram of the CAESAR digitizer CEDIG.

Figure 9. Simplified diagram of the replay of flight tapes

Figure 10. Typical Quick look with selected area

Figure 11. Detail of radar image before (L) and after (R) preprocessing by PARES.

Figure 12. A look at the RESEDA workstation

List of abbreviations and acronyms.

CAESAR	CCD Airborne Experimental Scanner for Applications in Remote sensing
CCD	Charge Coupled Device
CEDIG	CAESAR Experimental DIGitizer
HBR	High Bit Rate recording (AMPEX tm)
HDDT	High Density Digital Tape
IRIG	Inter Range Instrumentation Group
PARES	Preprocessing Airborne REmote Sensing
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (National Aerospace Laboratory)
RESEDA	REmote SEnsing DAta station
SLAR	Side-Looking Airborne Radar
SLARDIG	SLAR DIGitizer
SPEEDIG	high SPEED radar dIGitizer

Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(348ste werkvergadering)
AFDELING VOOR TELECOMMUNICATIE VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **donderdag 29 januari 1987** in het gebouw van de **Faculteit der Elektrotechniek** van de **Technische Universiteit Delft, Mekelweg 4, Delft.**
THEMA: **The Integration of Networks in view of the Report by the Zegveld Committee.**

TOELICHTING:
Naar verwachting zal vóór 1 januari 1987 de commissie Zegveld rapport uitbrengen aan de regering over de wenselijkheid van het integreren van het telefoonnet en het kabeltelevisienet.
In de periode dat deze integratie zich voltrekt zal het telefoonnet reeds geïntegreerd zijn met de data- en telexnetten tot het ISDN (Integrated Services Digital Network).
Na de integratie met het kabeltelevisienet zal een geïntegreerd brede band net (IBN) ontstaan voor zowel breedbandige als smalbandige dienstverleningen en met de mogelijkheid van zowel eenzijdige als tweezijdige communicatie.
Prof. Zegveld zal op deze dag ingaan op de achtergronden en wenselijkheid van een dergelijke totale integratie. Daarnaast zijn door de Afdeling voor Telecommunicatie sprekers uit Engeland, Frankrijk en Duitsland uitgenodigd om een facet van Netwerk integratie in hun land te bespreken. In de afsluitende lezing gaat Dr. Clevely van het bureau van de Europese Gemeenschappen te Brussel in op het project RACE voor een geïntegreerd Europees brede bandnet.

PROGRAMMA:

09.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	Inleiding. **PROF. IR. J. L. DE KROES**, (TU Delft).
10.05 uur:	TOWARDS NETWORK INTEGRATION IN THE NETHERLANDS; **PROF. IR. W. C. L. ZEGVELD**, (TNO-Delft).
10.50 uur:	INTERACTIVE SERVICES ON A STAR CABLE TV NETWORK; **P. J. SHAW**, (British Telecom Research Labs, Ipswich).
11.35 uur:	Koffiepauze.
11.55 uur:	PRESENT AND FUTURE TRENDS FOR TELECOMMUNICATION SERVICES IN FRANCE; **A. TEXIER**, (Direction Générale des Télécommunications, Paris).
12.35 uur:	Lunch.
13.45 uur:	THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE DBP FOR THE TELECOMMUNICATION SYSTEM; **DIPL.-PHYS. A. HÜNSELER**, (Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen, Bonn).
14.30 uur:	RACE AND THE FUTURE OF TELECOMMUNICATION; **DR. D. CLEVELY**, (Analysis Ltd, consultants of Dir. Gen. 13, Telecommunication, of the European Communities).
15.15 uur:	FORUMDISCUSSIE ONDER VOORZITTERSCHAP VAN **PROF. IR. J. L. DE KROES.**
±16.15 uur:	Sluiting.

De lezingen en de forumdiscussie zullen worden gehouden in de engelse taal.

Aanmelding dient te geschieden door het vóór 10 januari 1987 inzenden van aangehechte kaart gefrankeerd met postzegel van 55 cent, alsmede overmaking van de verschuldigde kosten op postgirorekening 57.65.95 ten name van penningmeester Afdeling voor Telecommunicatie te Zoetermeer, onder vermelding van "Integration of Networks".

Het aantal deelnemers is beperkt tot 200. Registratie in volgorde van binnenkomst.

De kosten voor deelname bedragen voor leden van de organiserende gezelschappen Hfl. 30,— (excl. lunch). Introducées zijn voor toegang Hfl 50,— verschuldigd (excl. lunch). De kosten voor de lunch bedragen Hfl. 20,—. Reservering van de lunch dient te geschieden via de antwoordkaart.

De Faculteit der Elektrotechniek is per openbaar vervoer te bereiken met bus 63 vanaf het Centraal Station. Per auto neemt u de afslag Delft-Zuid op rijksweg A13 tussen Den Haag en Rotterdam, en volgt u de ANWB borden richting TU wijk. Het gebouw herkent u als het grootste, blauw rode gebouw in de omgeving.

Wij hopen u te mogen verwelkomen op deze lezingendag.

Namens de samenwerkende verenigingen,
Hoogachtend,
IR. F. A. M. DIRKS
Tel. 070 - 782646

's-Gravenhage, december 1986.

OPERATIONALISERING VAN RADAR REMOTE SENSING

Ir. P. Hoogeboom
Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO

Towards operational use of radar remote sensing. In the North-European climate, the all-weather capabilities of radar are of particular importance for operational remote sensing applications. During the last decades research in the field of radar remote sensing was carried out in The Netherlands by several institutes. Although these research activities still continue, there are several subjects more or less ready for application. In view of the oncoming satellites in the nineties, which will enable operational use of radar data, the results of some of these studies are discussed. Finally an example of a groundbased radar remote sensing system is given: an offshore radar to determine waves and currents.

Inleiding

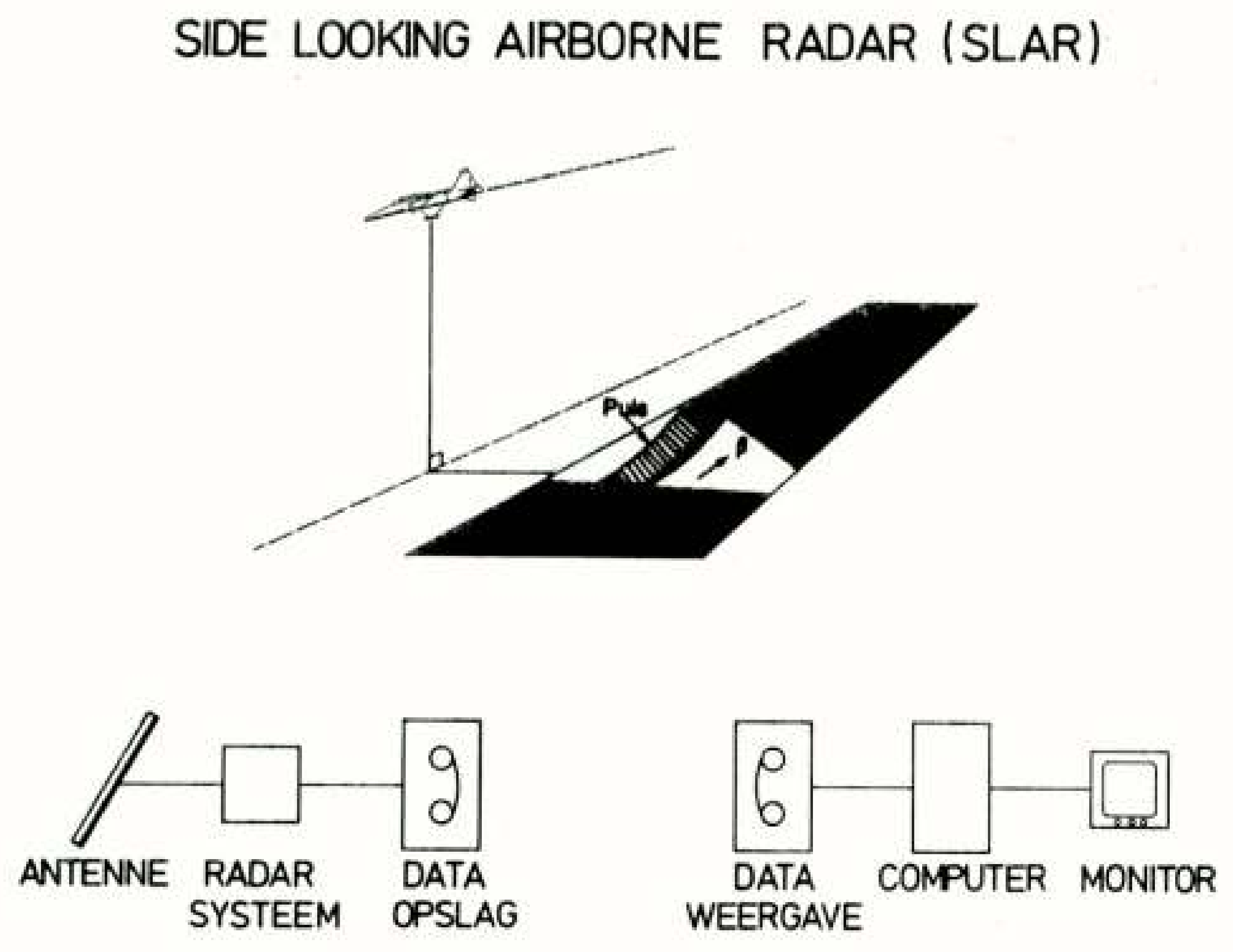
Het gebruik van het microgolfvenster voor remote sensing toepassingen brengt zekere voordelen met zich mee. Reeds lang was het vanuit de telecommunicatie bekend, dat de transmissieverliezen door de atmosfeer zeer gering zijn. Ook de reflecties aan bijvoorbeeld wolken zijn klein. Dit in tegenstelling tot de andere vensters in het elektromagnetische spectrum, die voor remote sensing worden gebruikt. Voor het zichtbare licht en het thermische infrarood gelden heel andere atmosferische eigenschappen. Voor grote delen van de aarde is de beperkte zichtbaarheid als gevolg van de voortdurend aanwezige bewolking een hindernis voor het operationeel toepassen van remote sensing. Radar kijkt door wolken heen, en wordt voor sommige toepassingen nauwelijks gehinderd door regenval.

De ontwikkeling van radar stuitte aanvankelijk wel op andere problemen. Bij afbeeldende systemen bijvoorbeeld is de interpretatie van de grijstoonverschillen niet zo eenvoudig. Dat wil zeggen, als mens hebben wij geleerd om reflectieverschillen in het zichtbare deel van het spectrum te begrijpen. Toepassing van deze kennis op radarbeelden leidt echter in het algemeen niet tot een juiste interpretatie van wat er aan de hand is. Het onderzoek heeft zich daarom in eerste instantie, althans in Nederland vooral gericht op het begrijpen en eventueel kunnen voorspellen van het gedrag van de radarverstrooiingscoëfficient.

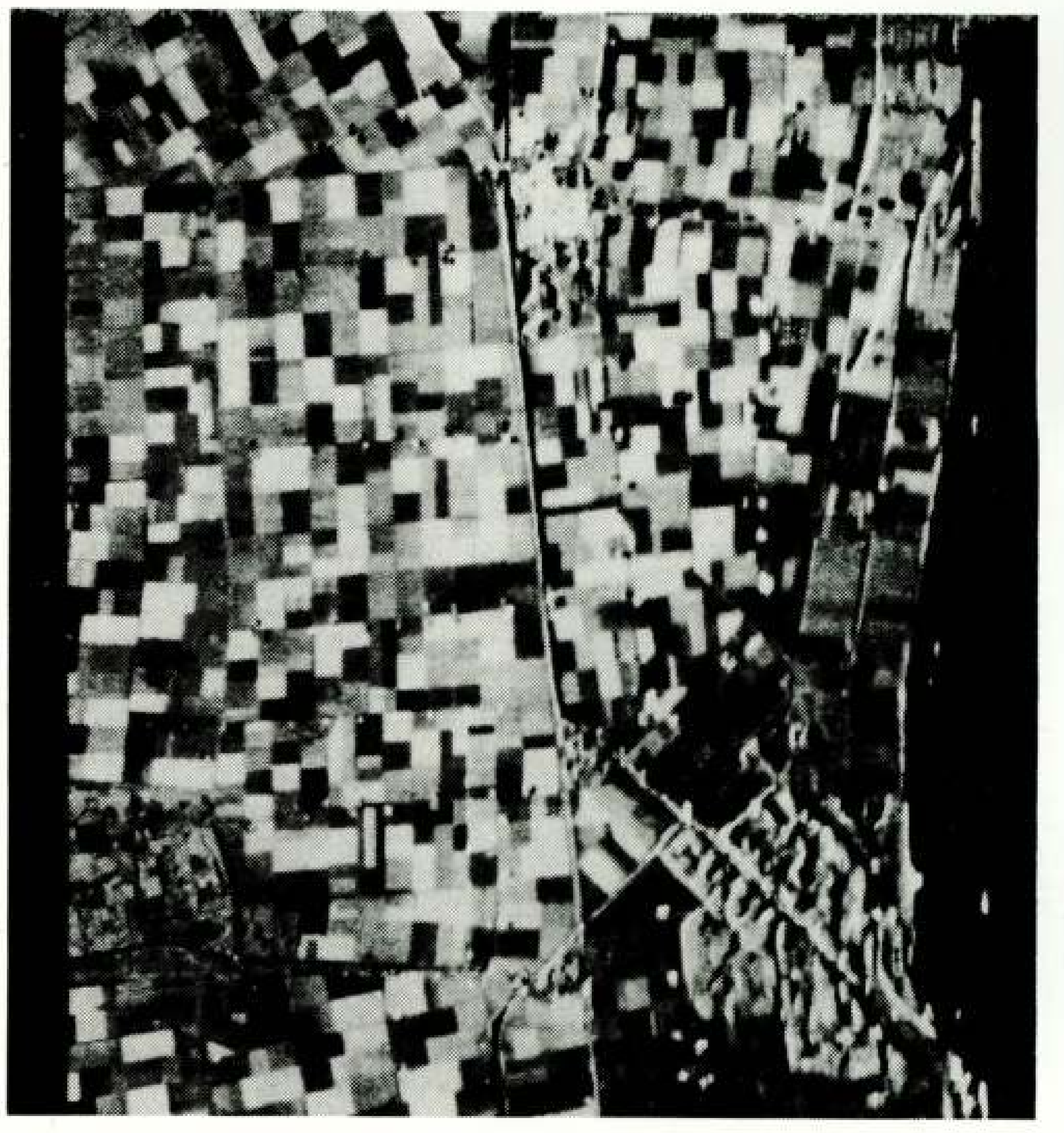
Een ander probleem betreft de technische ontwikkeling die de radarsystemen hebben doorgemaakt. Traditioneel is RADAR (RAdio Detection And Ranging) ontwikkeld voor het waarnemen of detecteren van voornamelijk puntdoelen (vliegtuigen, schepen). In deze toepassing is er nauwelijks aandacht voor de sterkte van de reflectie; alleen de aanwezigheid ervan telt. Voor remote sensing geldt echter een andere benadering: de te meten fenomenen vereisen juist, dat de grootte van de radarverstrooiing nauwkeurig bekend is, in de orde van 1 dB of liefst nog beter. Deze nauwkeurigheid geldt niet alleen relatief binnen één beeld, maar ook bijvoorbeeld voor twee opnamen die op geheel verschillende tijdstippen zijn opgenomen. Dit stelt hoge eisen aan de radarapparatuur, eisen bovendien op een terrein waar voorheen weinig aandacht naar toe ging.

Het zal de lezer duidelijk zijn dat het om deze redenen relatief lang heeft geduurd, voordat radar zich heeft kunnen ontwikkelen tot een meettechniek voor remote sensing. In het zichtbare venster zijn al geruime tijd satellieten operationeel (denk aan bijv. LANDSAT en METEOSAT). En met het lanceren van de Franse SPOT satelliet is een belangrijke stap voorwaarts gezet op de weg naar commerciële toepassing van (satelliet) remote sensing.

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de mogelijke toepassingen van radar remote sensing. Aangezien het een lange lijst betreft en een droge opsomming niet erg interessant is, was een selectie noodzakelijk. Bij enkele veelbelovende toepassingen wordt wat uitgebreider stil gestaan. Bij de keuze is gelet op de verwachting ten aanzien van de operationele haalbaarheid op een redelijke termijn, zeg in de jaren negentig. De meeste toepassingen zullen naar verwachting gebruik gaan maken van vliegtuig- en satelliet systemen. Deze laatste zijn mede dankzij het vele gebruik relatief goedkoop. In verband hiermee wordt eerst enige aandacht besteed aan de gebruikte afbeeldingstechnieken. Tenslotte wordt als tegenhanger van alle "vliegende" toepassingen aandacht geschonken aan de walradar, een radarsysteem dat golven, diepte en stroming kan meten vanaf een vaste plaats langs de kust, maar ook vanaf een platform of een schip. Dit systeem, dat momenteel bij FEL-TNO in ontwikkeling is, heeft door zijn geringe opstelhoogte uiteraard een beperkt bereik, maar vormt vanuit kostenoogpunt een interessante sensor.



Figuur 1: scanconfiguratie en dataopslag bij SLAR.



Figuur 2: SLAR beeld, opgenomen in de Flevopolder bij Biddinghuizen. Afmetingen: 10 x 12 km.

Afbeeldende radarsystemen

Aangezien vele toepassingen gebruik maken van radarbeelden, wordt de werking van een afbeeldend radarsysteem hier eerst behandeld. Er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van zijwaarts kijkende systemen, Side Looking Radars (SLR) genaamd. Daarin onderscheiden we dan nog de systemen die apertuursynthese (SAR= Synthetic Aperture Radar) toepassen voor het vergroten van de resolutie en de eenvoudiger systemen die dat niet doen (SLAR= Side Looking Airborne Radar) Het aftastmechanisme is in alle gevallen hetzelfde.

In figuur 1 is de werking van een SLAR toegelicht. Een langwerpige antenne belicht een strook zijdelings (aan één of twee kanten) van het vliegtuig. Door de verplaatsing van het vliegtuig wordt steeds een volgend deel van het terrein belicht. Binnen het door de antenne belichte gebied wordt door gebruik te maken van de bekende pulstechniek resolutie verkregen. Na het uitzenden van een puls, wordt na zekere tijd het gereflecteerde signaal van de aanwezige objekten ontvangen. Naarmate een objekt verder weg ligt, is de tijd tussen zenden en ontvangen langer. In het vliegtuig wordt -althans voor de Nederlandse digitale SLAR- het ontvangen signaal na detectie gedigitaliseerd en op magneetband geregistreerd. Op de grond kan de band weer afgespeeld worden en na een reeks voorbewerkingen in een computer uiteindelijk zichtbaar gemaakt worden op een monitor.

Dit afbeeldingsprincipe wordt ook vanuit satellieten toegepast, zij het dat daarbij apertuursynthese (SAR) noodzakelijk is om, vanwege de grote afstanden, een acceptabele resolutie te bereiken. Bij SAR wordt door gebruik te maken van de dopplerinformatie in het radarsignaal de resolutie in de vliegrichting oftewel de azimut richting verbeterd. Men kan dit beschouwen alsof er een antenne van zeer grote afmeting wordt nagebootst, die zodoende ondanks de grote afstand vanuit de ruimte toch een goede resolutie oplevert. Deze methode stelt o.a. hoge eisen aan de fasestabiliteit van de radar. Verder dient er een flinke hoeveelheid signaalbewerking verricht te worden.

Een voorbeeld van een SLAR opname is weergegeven in figuur 2. Dit beeld is gemaakt met de Nederlandse digitale SLAR in de Flevopolder. De radarantenne is naar links gericht. De baan van het vliegtuig ligt in figuur 2 links van de opname; het vliegtuig vloog van boven naar beneden. In het beeld is duidelijk te zien dat de radarverstrooiing van natuurlijke achtergronden en vegetaties veel kleiner is dan die van "man made structures". Het plaatsje Biddinghuizen rechts boven in de opname is er een goed voorbeeld van.

Toepassingen

Het gebruik van radar remote sensing heeft tot nu toe nog niet zo'n geweldige vlucht genomen. De toepassingen die werkelijk operationeel zijn, liggen bijvoorbeeld op het gebied van de cartografie (voortdurend bewolkte delen van bijv. Zuid Amerika, zijn op deze wijze in kaart gebracht), de olieopsporing (door Rijkswaterstaat) en de scheepvaartdetektie.

In de nabije toekomst is na het lanceren van aard-

observatie satellieten zoals de ERS-1 een toenemend gebruik van radar remote sensing te verwachten. De ERS-1 bevat o.a. een windscatterometer, dit is een niet afbeeldend radarinstrument, waarmee boven zee de windrichting en -snelheid bepaald kan worden. Dergelijke informatie is van groot operationeel belang. Naast deze sensor bevat de ERS-1 satelliet ook nog een SAR, dus een afbeeldend radarsysteem. Voor een verdere beschrijving van de ERS-1 en haar instrumentarium wordt de lezer naar de literatuur verwezen.

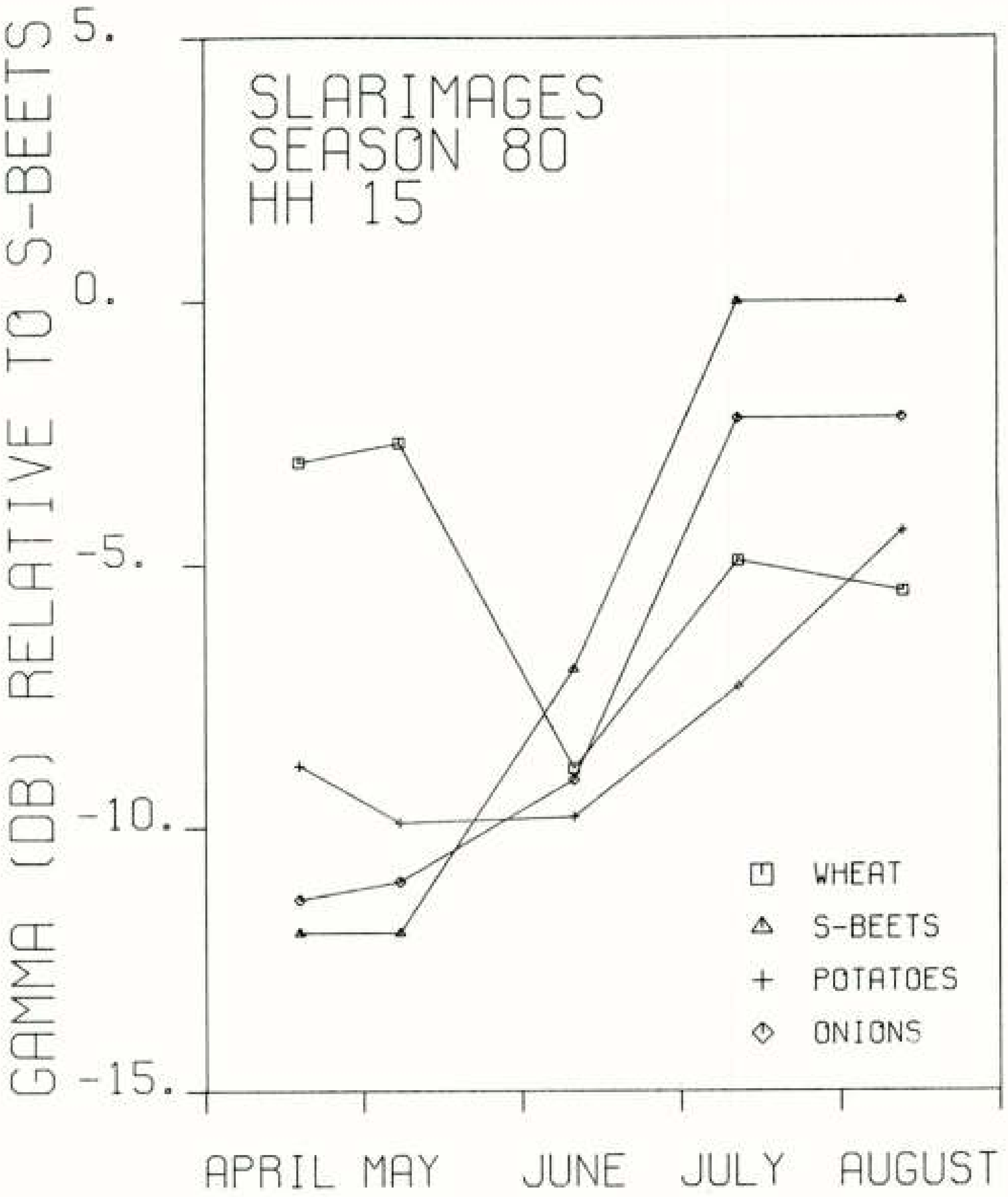
Naast de hierboven genoemde toepassingen die al operationeel zijn of dat op afzienbare termijn zullen worden, zijn er nog vele mogelijke toepassingen die nog in het onderzoeksstadium verkeren, of daar zo ongeveer net uitkomen. Er kan een onderscheid gemaakt worden naar land- en zeetoepassingen. Op beide gebieden is er in de loop der tijd veel werk verricht in Nederland. Dit onderzoek vindt niet alleen plaats op het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO, maar in een breder verband van diverse instituten en instellingen in Nederland, zoals al eerder is aangegeven in de lezing van de BCRS (Beleids Commissie Remote Sensing). De BCRS coördineert dit onderzoek en draagt financieel bij.

Bij de landtoepassingen moet men denken aan bijvoorbeeld het herkennen (classificeren) van landbouwgewassen en bossen, het monitoren van vegetatie (ook oogstopbrengst) en zaken als de bepaling van bodemvochtigheid en verslemping van de bodem. Als voorbeeld van een landtoepassing zal hier aandacht aan gewasherkenning besteed worden. Een mogelijke operationele toepassing is de controle op naleving van gewasrotatieschema's, bijv. i.v.m. de aardappelmoeheid. Een schatting van de oogstopbrengst zou economisch gezien van belang kunnen zijn en wellicht een commerciële toepassing kunnen opleveren.

Bij de zeetoepassingen wordt nog onderzoek verricht op het gebied van de bodemtopografie. Aan het einde van de jaren zestig werd door De Loor geconstateerd, dat deze onder bepaalde omstandigheden zichtbaar is in radarbeelden. Daarnaast is de bepaling van golfrichting en -hoogte onderzocht. Bij de walradar, een niet vliegend radarsysteem, dat momenteel door TNO wordt ontwikkeld, kan bovendien de stroming en de diepte van het water worden bepaald. Deze laatste zaken, de golfrichtingsbepaling en de mogelijkheden van de walradar, zullen hier als voorbeeld worden behandeld. De mogelijkheden die met deze toepassingen van radar remote sensing ontstaan, zullen vooral in de scheepvaart, de offshore en het kust- en haven beheer een toepassing kunnen vinden.

<u>Gewasherkenning</u>

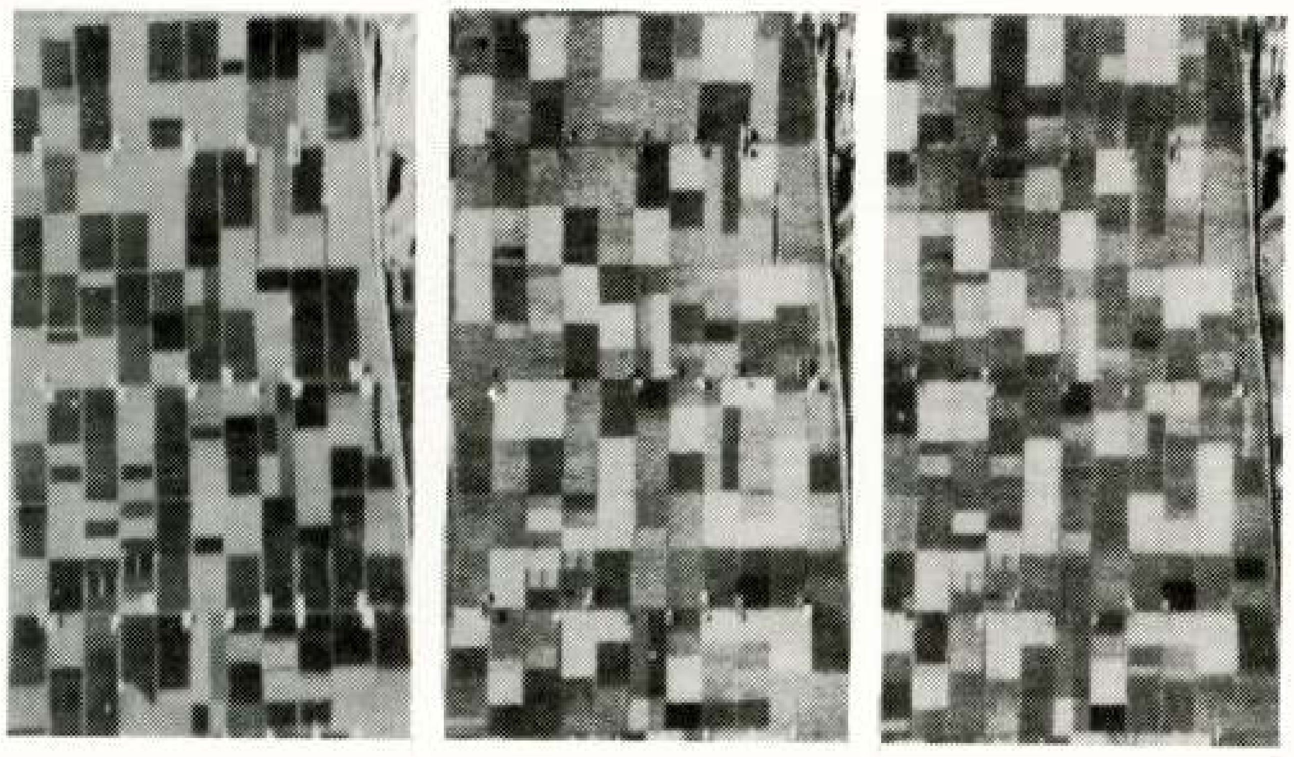
De identificatie van landbouwgewassen in radarbeelden is in het algemeen geen eenvoudige zaak. De geringe kontrasten tussen verschillende gewassen en de aanwezigheid van speckle in de radarbeelden beperken in principe de mogelijkheden. Echter door de informatie van meerdere beelden die op verschillende tijdstippen zijn opgenomen te combineren, kan toch een zeer goed resultaat worden verkregen. Een en ander wordt geïllustreerd door figuur 3, waar als funktie van de tijd de radarverstrooiingscoëfficient van een aantal gewassoorten is gegeven. Ieder gewas heeft als funktie van de tijd zijn eigen specifieke ontwikkeling, waardoor het herkenbaar wordt. Tevens blijkt uit figuur 3 hoe klein, in dB's gemeten, de kontrasten zijn. Het grootste kontrast treedt op in de maand juli en bedraagt dan maximaal 10 dB.



Figuur 3: de ontwikkeling van de radarverstrooiingscoëfficient als funktie van de tijd voor enkele belangrijke gewassen.

Teneinde de invloed van de speckle te verminderen, wordt er veelal gebruik gemaakt van een beeldsegmentatie, zodanig dat een heel perceel van een bepaald gewas als een eenheid wordt gezien door het classificatie algoritme. Dit wijkt af van de normale techniek, waarbij ieder beeldelement geclassificeerd wordt.

In figuur 4 zijn enkele radarbeeldjes van een testgebied in de Flevopolder weergegeven. Het gebied meet ca. 3.5 bij 5.5 km en ligt nabij Biddinghuizen. De opnamen zijn in mei en juli gemaakt onder dezelfde invalshoek. Bij de vlucht in juli is bovendien een opname onder een andere, steilere hoek gemaakt, die als



Figuur 4: SLAR opnamen van een proefgebied voor gewasherkenning (nabij Biddinghuizen; zie ook figuur 2). Het linker beeld is opgenomen in mei, het middelste in juli. Het meest rechtse beeld is ook in juli opgenomen, maar onder steilere hoeken.

		C L A S S I F I E R				L A B E L			
		1	2	3	4	5	6	7	8
T	1	33		1	1				
R	2		36						
U	3			53					
E	4	1		1	5	1			
	5	2			1	11			
L	6			3			1		
A	7			3					
B	8	1							4
E	9			3	1	1			
L	10				1				

Figuur 5: classificatieresultaat van de in figuur 4 getoonde beelden na automatische veldsegmentatie. De belangrijkste labels zijn:

1=aardappelen 4=erwten
2=suikerbieten 5=uien
3=wintertarwe

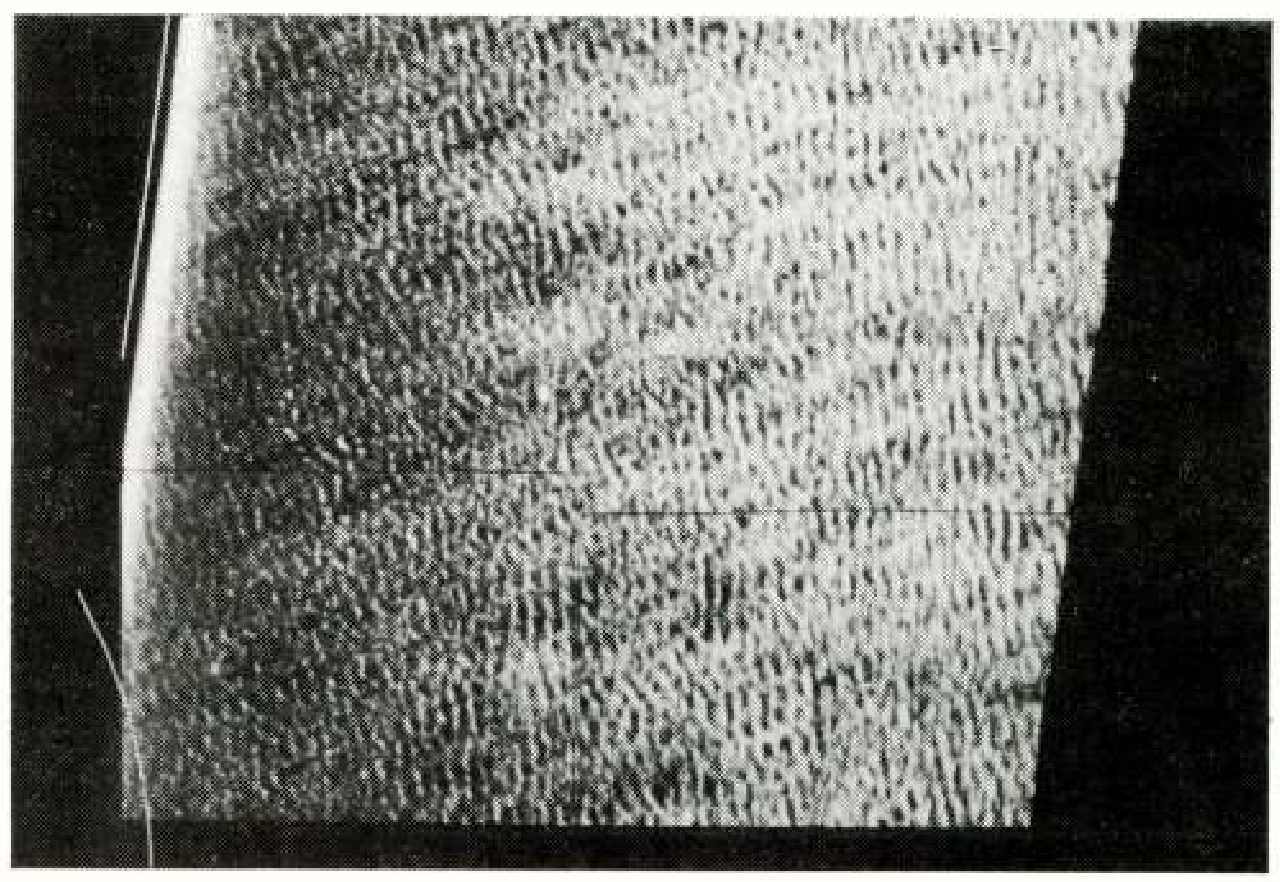
derde beeld is toegevoegd. Deze set beelden bleek bij een classificatie experiment optimale resultaten te geven. Een classificatietabel is weergegeven in figuur 5. Deze geeft de resultaten weer van het classificatie experiment op basis van veldgemiddelden. Er is gebruik gemaakt van automatische veldsegmentatie van de beelden in figuur 4. De classificator is ontworpen met en geoptimaliseerd voor de vijf klassen die in figuur 5 zijn aangeduid. Uit de resultaten blijkt dat 95 procent van de velden goed geclassificeerd wordt, als we ons tot de 5 belangrijkste klassen beperken.

Door het gebruik van multitemporele satelliet beelden zou men ook voor grote gebieden met een goede nauwkeurigheid gewasclassificatie kunnen uitvoeren, waarbij dan gedacht kan worden aan toepassingsgebieden als eerder besproken.

Golfrichtingsbepaling

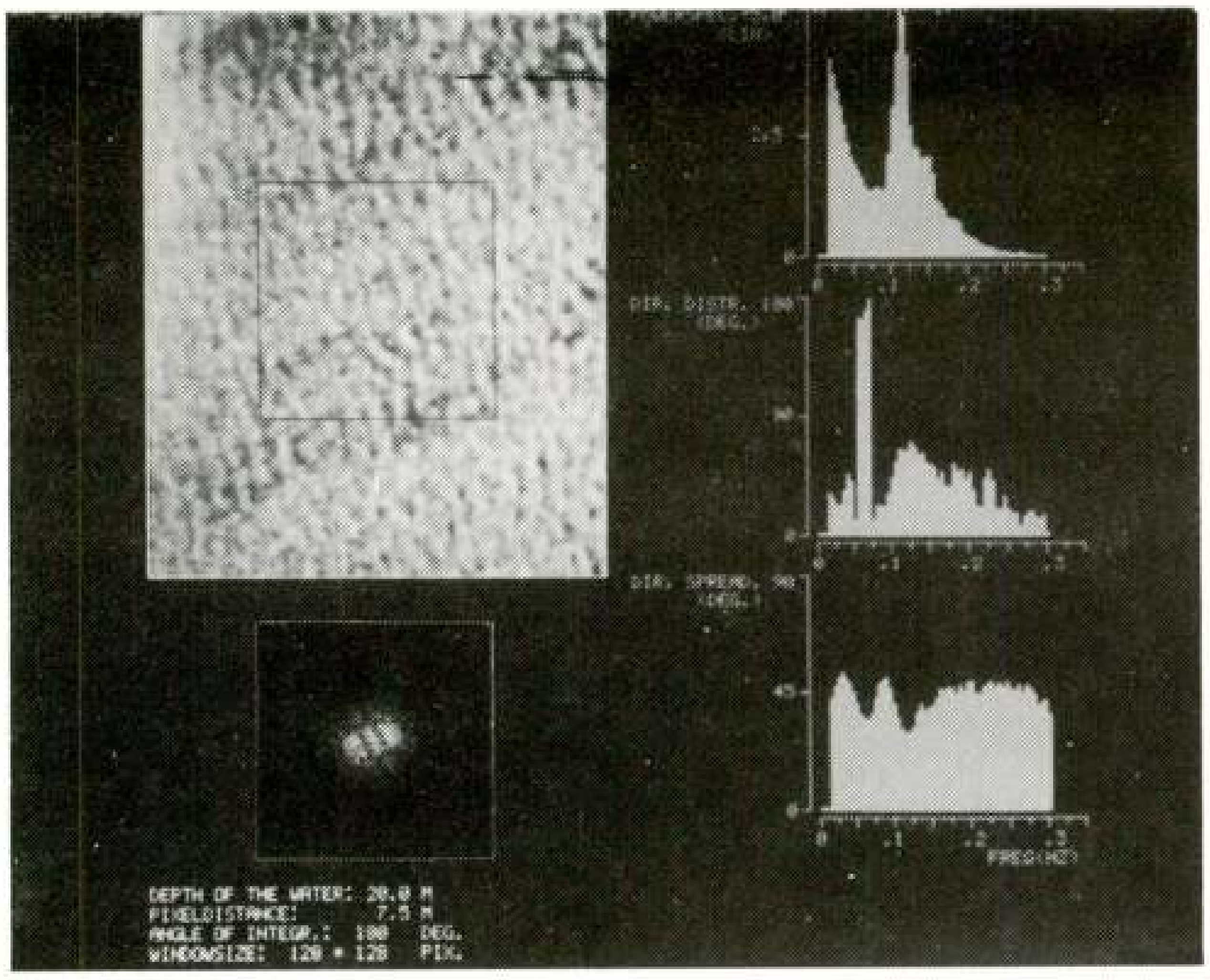
Een voorbeeld van een mogelijke toepassing op zee van een afbeeldend radarsysteem is het bepalen van golfrichtingsspectra. Het synoptisch overzicht, dat een radar geeft, staat in groot kontrast met de puntwaarneming die een boei verricht. Met het beschikbaar komen van de SEASAT SAR is men zich eigenlijk voor het eerst bewust geworden van de waarde van dergelijke overzichten.

Door een Fouriertransformatie los te laten op een radarbeeld, wordt een spectrum in de golfgetalruimte verkregen. Bij de meest voorkomende golfrichting en golflengte vindt men een maximum energiedichtheid. Aangezien het radarbeeld een momentopname is, treedt er een 180 graden ambiguïteit op in de golfrichtingsbepaling. Men kan uit een momentopname immers niet bepalen of de golven naar de waarnemer toe of zich er juist vanaf bewegen. In het spectrum is dit terug te vinden in de aanwezigheid van twee maxima met een hoekverschil van 180 graden. In feite is het volledige spectrum periodiek geworden, met een periode van 180 graden.

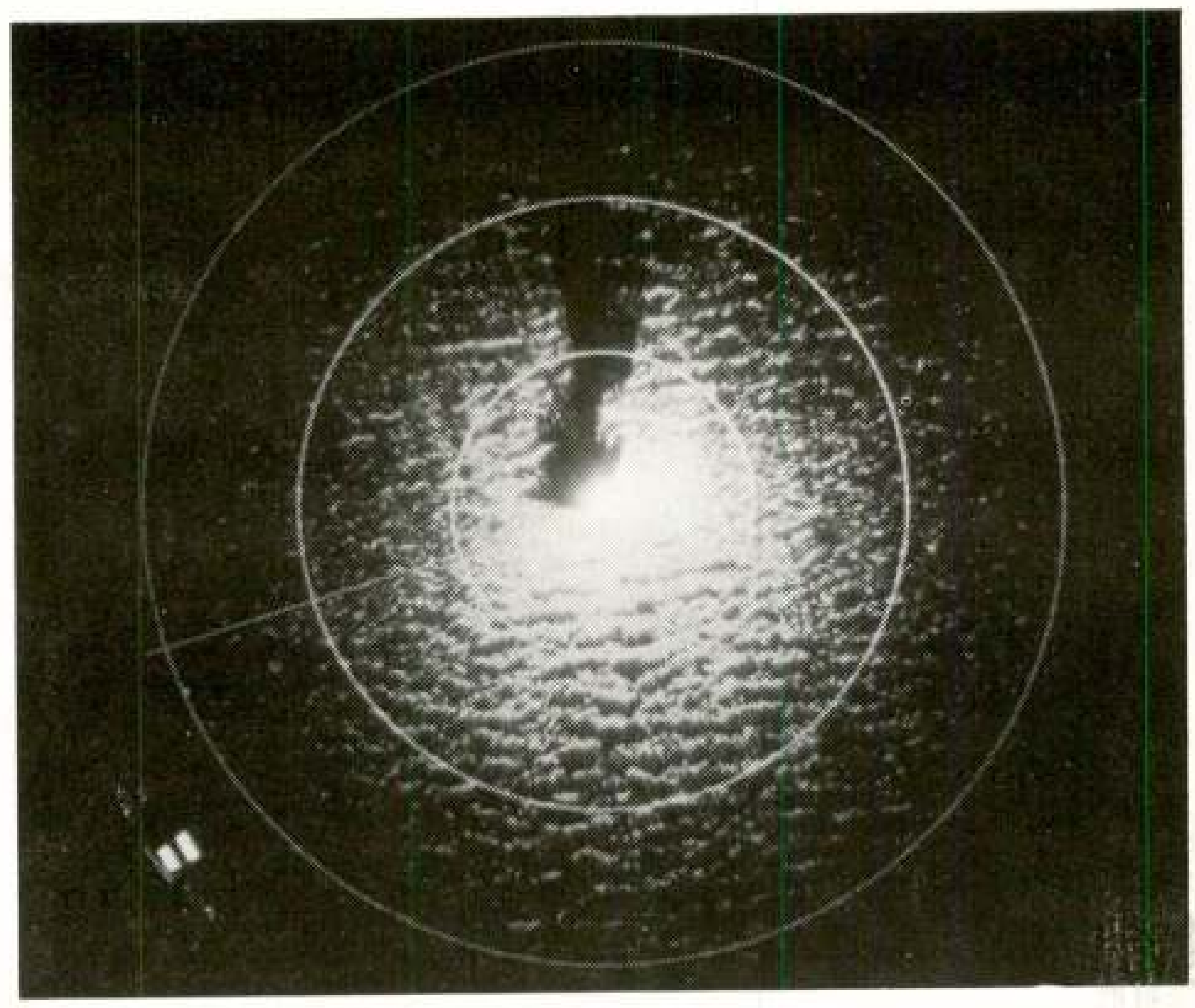


Figuur 6: voorbeeld van een SLAR opname van de zee, nabij meetplatform Noordwijk. Beeldafmetingen: 5 x 5 km.

In figuur 6 is een voorbeeld van een radaropname



Figuur 7: bewerking van het beeld ter verkrijging van golfinformatie. Linksonder het 2 dimensionale spectrum van het beeld boven.



Figuur 8: weergave van golven op het display van een scheepsradar.

van de zee gegeven. De witte lijn links op de foto is de projektie op de grond van de vliegtuigbaan. Duidelijk is te zien dat de radarverstrooiing van het zeeoppervlak hoekafhankelijk is: dichtbij het vliegtuig (steile hoeken) is deze het grootst. De opname is gemaakt nabij het Meetplatform Noordwijk (MPN), een onderzoeksplatform 10 km voor de kust van Noordwijk, dat wordt beheerd door de direktie Noordzee van Rijkswaterstaat.

In figuur 7 is het resultaat van enkele bewerkingen op het radarbeeld te zien: Links boven een deel van figuur 6, dat gebruikt wordt voor de Fouriertransformatie. Links onder het ruimtelijke spectrum. Aan de rechterkant zijn 3 grafieken zichtbaar, die van boven naar beneden de golfhoogte, de hoofdrichting en de richtingsspreiding van de golven als funktie van de frekwentie weergeven. Deze informatie wordt afgeleid uit het ruimtelijke spectrum, en is vergelijkbaar met de informatie die door boeien kan worden verkregen.

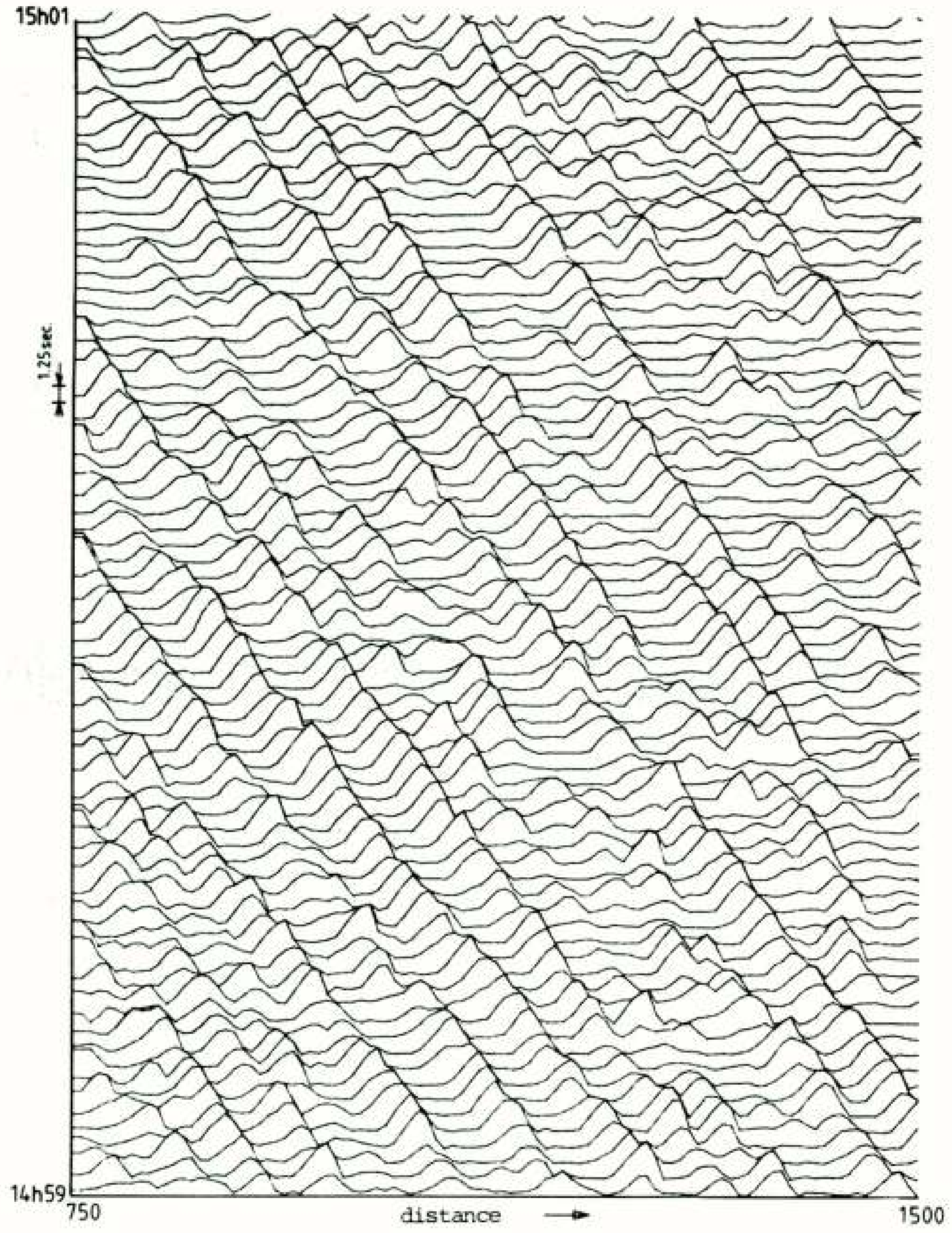
De aanwezigheid van een operationele satelliet zou een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de bepaling en de voorspelling van het golfklimaat op allerlei plaatsen. De toepassingen liggen vooral bij de scheepvaart en de offshore.

Walradar

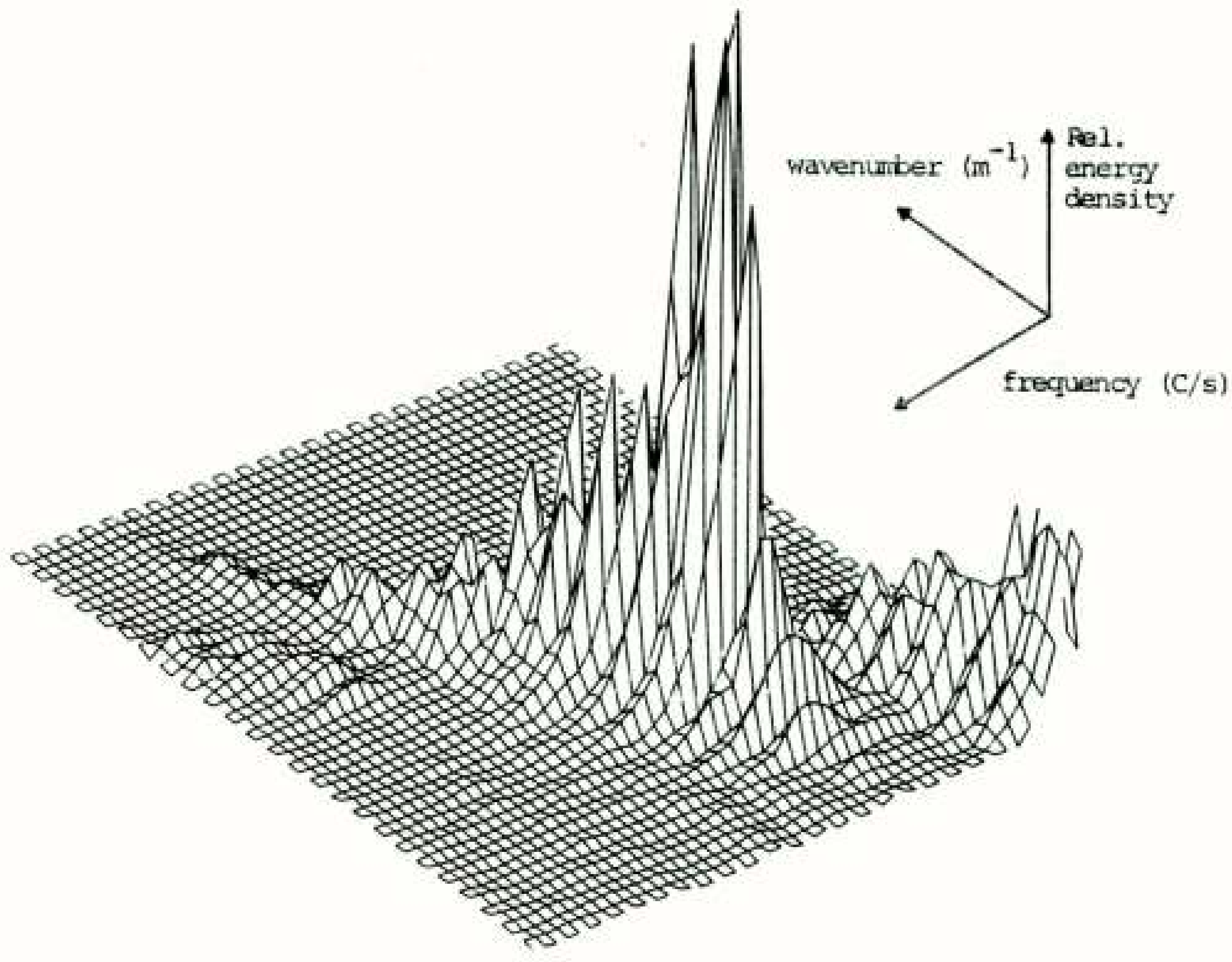
Als laatste voorbeeld is gekozen voor een niet vliegend remote sensing systeem, namelijk de bij TNO in ontwikkeling zijnde walradar. Dit is in feite een normale scheepsradar, met een aangepaste dataverzameling en dataverwerking. De radar meet onder scherende hoeken vanaf de wal de radarverstrooiing aan de golven. Bij deze hoeken komt er relatief veel informatie van de golftoppen. Het bereik is beperkt door de lage opstelhoogte en bedraagt ca. 5 - 10 km. Aangezien het systeem zelf op een vaste plaats blijft gedurende de metingen, ontstaat de mogelijkheid om een serie radarbeelden te maken als funktie van de tijd. Bij elke omwenteling van de antenne komt er een nieuw beeld beschikbaar (één per seconde). Figuur 8 geeft een voorbeeld van wat er op het display van een scheepsradar te zien is van de golven. Het betreft hier een ouder systeem met een bereik van ongeveer 1500 meter. Deze afstand wordt aangegeven door de buitenste ring in het beeld.

Uit een serie opeenvolgende beelden kan bepaald worden hoe snel de golven zich verplaatsen. Deze snelheid is afhankelijk van de golflengte (dispersief gedrag), maar wordt bijvoorbeeld ook beïnvloed door de waterdiepte en de stroming van het water. Ook kan men uit de beelden informatie verkrijgen over de richting waarin de golven zich voortplanten. Dit hoeft als gevolg van stromingen in het water niet dezelfde richting te zijn als wordt aangegeven door de golfkammen. Daarnaast kan op meer traditionele wijze het golfspectrum bepaald worden naar richting en grootte.

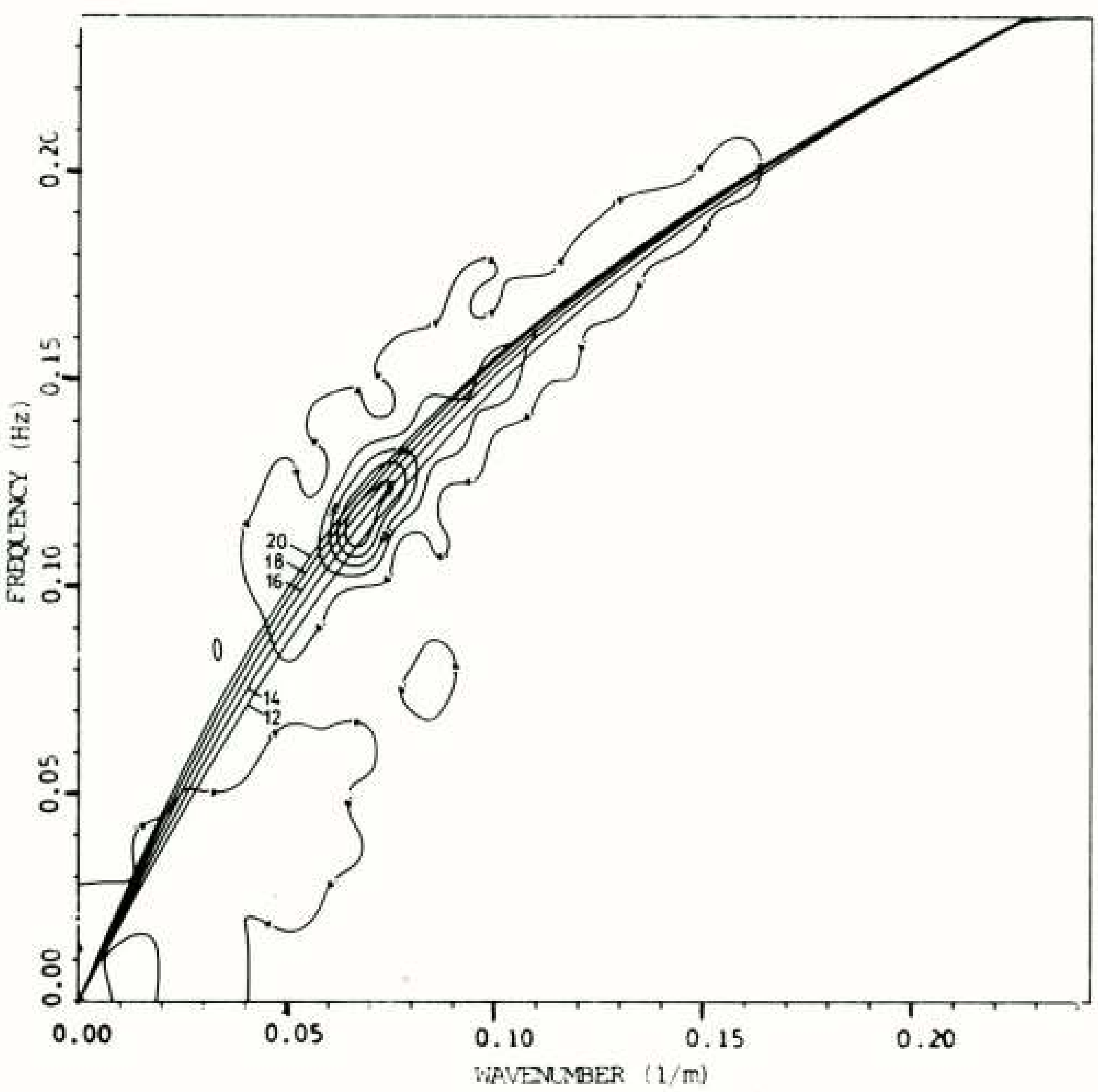
In figuur 9 is een 2 dimensionale dataset te zien, welke is verkregen met een walradar. Horizontaal staat de afstand uit en vertikaal de tijd. Het resultaat is tot stand gekomen door een aantal metingen te doen die in de tijd langs een lijn zijn opgenomen. De verplaatsing van de golven is duidelijk waarneembaar. Indien we deze dataset Fourier transformeren, dan ontstaat een spectrum met een golfgetal-as en een frekwentie-as. Figuur 10 laat een quasi driedimensionale presentatie van deze ruimte zien. Duidelijk blijkt dat de energieverdeling in deze ruimte niet willekeurig is, maar verband houdt met het gedrag van de golven. Dit is niet zo vreemd, omdat op grond van de dispersierelatie voor watergolven een zeker verband tussen golfgetal en frekwentie verwacht mag worden. In de dispersierelatie voor ondiep water wordt rekening gehouden met het



Figuur 9: twee dimensionale dataset in de tijd en de ruimte, verkregen met de walradar.



Figuur 1Ø: quasi 3 dimensionale presentatie van het spectrum van figuur 9 (na Fourier transformatie).

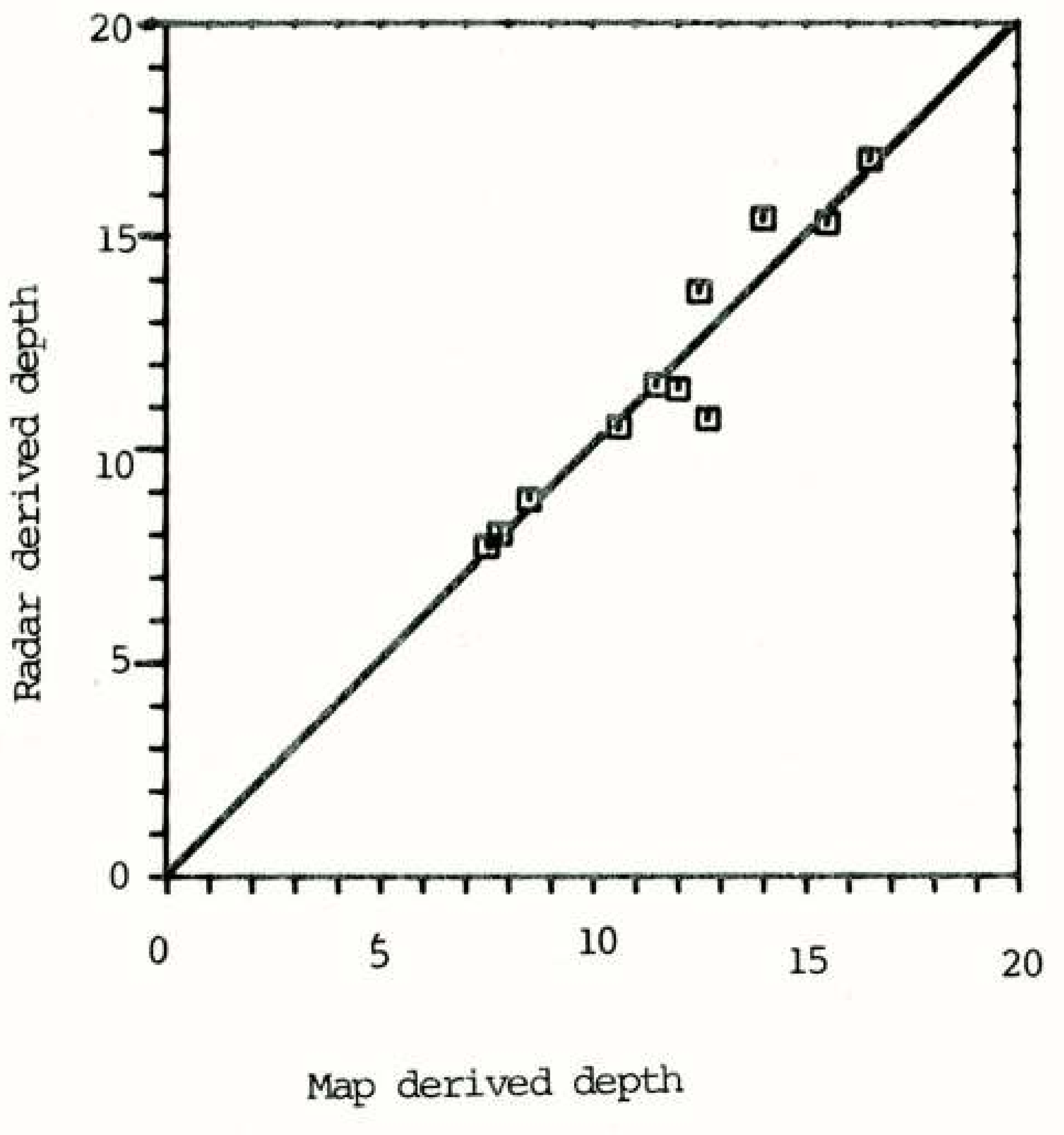


Figuur 11: bovenaanzicht van figuur 1Ø; contourplot waarin de dispersierelatie voor enkele waterdiepten is ingetekend.

remmende effekt dat de bodem heeft op de voortplantingssnelheid van de golven. Figuur 11 is een bovenaanzicht van figuur 1Ø; De energiedichtheid is met enkele contouren aangegeven. In dit figuur is tevens de relatie tussen golfgetal en frekwentie ingetekend voor een aantal waterdiepten, op grond van de dispersierelatie voor zeegolven. Duidelijk blijkt nu, dat we in staat zijn om de diepte te schatten op grond van de verdeling van de gemeten energie. Er is een algoritme ontwikkeld, waarmee deze diepte automatisch bepaald kan worden. In figuur 12 is voor een aantal metingen de met de walradar bepaalde diepte vergeleken met de diepte die op een kaart stond aangegeven. De overeenkomst is zeer goed.

Naast het bepalen van diepte, kan met een vergelijkbare methode ook de stroomsnelheid en -richting van het water bepaald worden. Wel dient men in het oog te houden, dat het hier een indirekte meting betreft. Dat wil zeggen, we meten niet rechtstreeks de diepte (radargolven dringen immers niet door in het water) maar meten de veranderingen in het golfpatroon en bepalen daaruit de globale diepte. Hoewel de methode goede resultaten oplevert, mag niet verwacht worden, dat men op heel kleine schaal gedetailleerde diepte- of stromingsmetingen kan doen. Daarvoor leent de techniek zich niet.

Niettemin lijkt er zeker een toekomst voor dit soort meetsystemen weggelegd. Zowel vanaf de wal als vanaf een schip kan men op eenvoudige wijze informatie over het golfveld en enkele verwante parameters krijgen. De toepassingen liggen bij het beheer van havens en kusten, in de offshore en bij de scheepvaart, waar in principe op ieder schip de radar al voorhanden is.



Figuur 12: correlatieplot van de waterdiepte bepaald uit de radarmeting en de kaart voor een aantal verschillende locaties.

Referenties

-Brooks, S.R., H. Joyce et.al., 1985. The ERS-1 Synthetic Aperture Radar and Scatterometer. GEC Journal of Research, vol. 3, no. 2.

-Hoogeboom, P., 1986. Identifying agricultural crops in radar images, Proc. ISPRS, Enschede, 25-29 Aug.

-Hoogeboom, P., J.C.M. Kleijweg and D. van Halsema, 1986. Seawave measurements using a ships radar, Proc. IGARSS'86, Zürich, 8-11 Sept.

-Loor, G.P. de, P. Hoogeboom and E.P.W. Attema, 1982. The Dutch ROVE program. IEEE Trans. GRS, Vol. GE-19, p. 3-7.

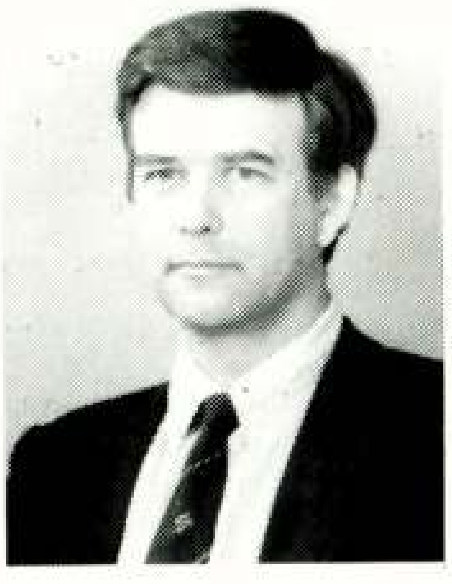
-Loor, G.P. de and P. Hoogeboom, 1982. Radar backscatter measurements from platform Noordwijk in the North Sea, IEEE J. Oceanic Eng. OE-7, p. 15-20.

-Young, I.A., W. Rosenthal and F. Ziemer, 1985. Marine radar measurements of waves and currents during turning winds, Deutsche Hydrografische Zeitschrift 38, p. 23-38.

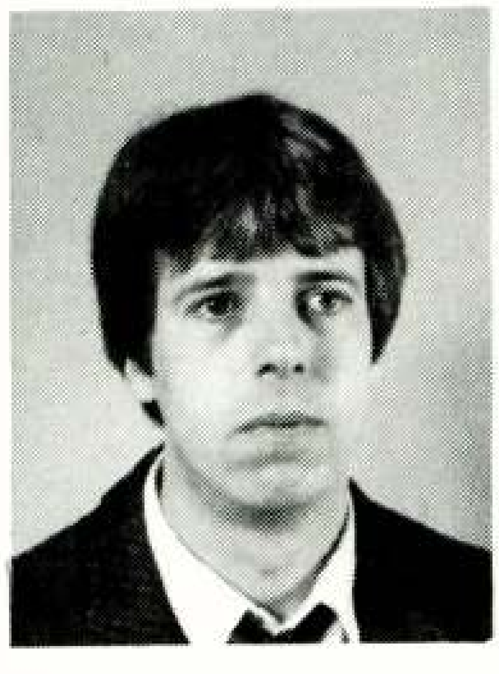
Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.



Drs.G.H.v.d.Kolff



IR. H. POUWELS



IR. P. HOOGEBOOM



IR. H. T. C. VAN STOKKOM

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(349ste werkvergadering)
AFDELING TELECOMMUNICATIE VAN HET KIvI
IEEE BENELUX SECTIE

UITNODIGING

voor de lezingendag op **vrijdag 27 februari 1987** in het **Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)**, vestiging **Noordoostpolder, Voorsterweg 31 te Marknesse** (nabij Vollenhove).
Thema: INSTRUMENTATIE VOOR OPERATIONELE AARDOBSERVATIE.

PROGRAMMA

9.30 - 10.00 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 - 10.30 uur:	Drs.G.H.v.d.Kolff (Rijkswaterstaat); OVERHEIDSBELEID OPERATIONELE AARDOBSERVATIE.
10.30 - 11.10 uur:	**IR. H. POUWELS**, (Nat. Lucht- en Ruimtevaartlab); AIRBORNE REMOTE SENSING SYSTEEM.
11.10 - 11.40 uur:	Koffiepauze/Poster-presentaties.
11.40 - 12.20 uur:	**IR. P. HOOGEBOOM**, (Fysisch Elektronisch Lab./TNO); OPERATIONALISERING VAN RADAR REMOTE SENSING.
12.20 - 13.00 uur:	**IR. H. T. C. VAN STOKKOM**, (Rijkswaterstaat); TOEPASSINGEN IN DE NATTE WATERSTAAT.
13.00 - 14.00 uur:	Lunchpauze (kantine CD-gebouw).
14.00 - 14.40 uur:	**IR. G. J. A. NIEUWENHUIS**, (Inst. Cultuurtechniek en Waterhuishouding); AARDOBSERVATIE IN DE LANDBOUWWATERHUISHOUDING.
14.40 - 15.20 uur:	**DR. S. MULLER**, (KNMI); TOEPASSINGEN IN DE WEERSVERWACHTING.
15.20 - 15.40 uur:	Theepauze.
15.40 - 16.20 uur:	**IR. J. U. HIELKEMA** (FAO, Rome); OPERATIONELE REMOTE SENSING VOOR SPRINKHANENPLAAG PREVENTIE.

Aanmelding dient te geschieden door inzending van de aangehechte kaart **gefrankeerd** met een postzegel van **55 cent**, alsmede overmaking van de verschuldigde kosten op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Operationele Aardobservatie". De aanmelding is alleen geldig indien de aanmeldingskaart en overschrijving zijn ontvangen vóór 13 februari 1987.
Het aantal deelnemers is beperkt tot 120. Registratie is in volgorde van aanmelding.
De deelname voor leden van NERG, KIvI en IEEE is gratis en voor introducee's *f* 15,00 per deelnemer.
De lunch wordt u aangeboden door de Directie van het NLR; reservering via de antwoordkaart is echter gewenst.
Het NLR is gelegen in de Oostelijke hoek van de Noordoostpolder, aan de rand van het Voorsterbos, tegenover het stadje Vollenhove (zie kaartje).
Per auto vanuit de Randstad neemt u de afslag Nagele op Rijksweg A6 tussen Amsterdam en Emmeloord, en volgt u de ANWB borden richting Ens/Vollenhove.
Per openbaar vervoer is het NLR relatief moeilijk bereikbaar. Vanaf het N.S. station Zwolle zal daarom een speciale NERG-bus dit vervoer verzorgen.
Vertrek uit Zwolle om 9.00 uur; om 16.30 uur wordt u weer teruggebracht. Reservering van de bus middels de antwoordkaart.

Wij hopen u te mogen verwelkomen op deze vergadering.

Namens de samenwerkende verenigingen,
Hoogachtend;
DR. IR. H. F. A. ROEFS, NERG.
Tel. 05274 - 2828

Emmeloord, januari 1987.



IR. G. J. A. NIEUWENHUIS



DR. S. MULLER

TOEPASSINGEN IN DE NATTE WATERSTAAT

Ir. H.T.C. van Stokkom
Meetkundige Dienst, Rijkswaterstaat

Remote sensing applications in water management tasks of Rijkswaterstaat.
Remote sensing techniques can contribute in performing the tasks of Rijkswaterstaat concerning the waterquality management of the North Sea, inland lakes and rivers. Both operational and not yet operational applications of remote sensing are being treated. Furthermore, the technical specifications, management requirements and organisational problems in making remote sensing techniques operational are addressed.

1. Inleiding

Na enkele inleidende woorden zal in deze bijdrage achtereenvolgens worden ingegaan op de taken van de Rijkswaterstaat (RWS) waarbij het accent zal liggen op die taken waarin remote sensing van nut zou kunnen zijn. Overzicht, inventarisatie en monitoring zijn daarbij kernbegrippen. Daarna zullen een aantal min of meer operationele toepassingen de revue passeren en tot slot wordt een beschouwing gewijd aan de technische en organisatorische aspecten van de daadwerkelijke operationalisering. Daarbij zal gedurende het verhaal de stand van het onderzoek terzake toegelicht worden. Opgemerkt wordt dat tijdens de bespreking van de toepassingen slechts summier ingegaan zal worden op de technische remote sensing aspecten zoals opnametechniek, golflengte etc.

Gedurende reeds vele jaren heeft RWS zich bezig gehouden met onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van remote sensing technieken voor haar taakuitvoering. Daarbij werd de nadruk gelegd op het zo snel mogelijk operationeel maken van bewezen toepassingen. Het achtergrond- en toepassingsonderzoek dat daarvoor nodig was, werd voor een belangrijk gedeelte uitbesteed.

Parallel aan de totstandkoming van het Nationaal Remote Sensing Programma (NRSP) eind 1985, werden ook de activiteiten van RWS geïntensiveerd door vooral de menskracht te verhogen. Momenteel wordt een visie en een onderzoeksprogramma geformuleerd om veelbelovende toepassingen op zo kort mogelijke termijn operationeel te maken en in te passen in de dagelijkse RWS-praktijk. Dit geschiedt gedeeltelijk binnen het kader van het NRSP.

2. Taken van de Rijkswaterstaat

De taak van de RWS is onder te verdelen in Infrastructuur en Conditionering. Onder Infrastructuur wordt de zorg verstaan voor de bereikbaarheid van Nederland d.m.v. wegen, vaarwegen en havens. Hieronder vallen de aanleg, het wegnemen van knelpunten, de verkeersbegeleiding en het beheer van land- en vaarwegen. Conditionering omvat het leefbaar houden van het land door de bescherming daarvan tegen water in de ruimste zin en het zorgen voor een goede waterkwaliteit. Kustverdediging, bedijking, bemaling, integraal waterbeheer (kwantiteit en kwaliteit) zijn o.a. onderwerpen die daarbij aan de orde zijn.

Tijdens de afgelopen tientallen jaren heeft de RWS zich hoofdzakelijk bezig gehouden met het aanleggen van infrastructuur in de vorm van grote verbindingswegen over land en water, de Deltawerken, dijkaanleg en -verbetering e.d.. In de laatste tien jaar is het accent in de taak meer en meer verschoven van deze bouwtaak naar een beheertaak. Dat geldt zowel voor het natte als het droge beheergebied. Binnen het taakveld Conditionering is met name de zorg voor het milieu toegenomen in de vorm van een integrale aanpak van het zoet- en zoutwaterbeheer. Hierbij wordt het watersysteem in zijn geheel beschouwd en aspecten als kwantiteit, kwaliteit, ecologische en gebruiksfunctie integraal meegenomen.

De plaats van remote sensing toepassingen in de uitvoering van de hierboven genoemde taken ligt vooral op het terrein van het beheer van de Noordzee, de grote rivieren en de grote binnenwateren, de natte waterstaatstaak dus. Hier wordt voorbijgegaan aan de toepassingen in de droge waterstaat. In het natte beheer is het zaak ontwikkelingen in de tijd te volgen en het

liefst over grote oppervlakken tegelijkertijd. Daarbij worden periodiek tal van watermonsters genomen waarin diverse waterkwaliteitsparameters (pH, saliniteit, nitraat-, fosfaat-, chlorofylgehalte, temperatuur, e.d.) in het laboratorium worden gemeten. Het is juist in deze monitoringtaak dat remote sensing een zinvolle bijdrage kan leveren. In het onderstaande zal daar onder meer aandacht aan worden besteed.

3. Toepassingen

3.1 Vegetatiekaartering

Vegetatiekaartering vindt plaats omdat informatie over milieuaspecten in de grensgebieden tussen droog en nat ontleend kan worden aan de ontwikkelingen in de vegetatiesamenstelling en -patronen. Het gebruik van remote sensing in de vorm van luchtfotografie bij het vervaardigen van vegetatiekaarten is een toepassing die reeds lange tijd operationeel is. Eerst was het zo dat het gehele gebied dat gekaarteerd moest worden te voet werd afgelopen en bemonsterd. Nu wordt de luchtfoto gebruikt om een goed overzicht te krijgen van het gebied dat men onder handen heeft om vervolgens een nauwkeurige interpretatie uit te voeren. Deze interpretatie leidt tot een kaart op grond waarvan de plaatsen gekozen worden die in het veld bemonsterd zullen gaan worden. In het terrein wordt de luchtfoto als gids en kaart gebruikt voor oriëntatie (van Stokkom,1981). Ook is aangetoond dat met densitometrie en veldwerk de biomassa van macroalgen en zeegrassen over grote gebieden te schatten is (Meulstee et al,1986).

Van de diverse soorten luchtfotografie (zwart/wit, kleur, zw/w-infrarood, false colour, kleinbeeld, grootbeeld) is de combinatie false colourfilm (+ geelfilter) opgenomen met een zg. fotogrammetrische camera (beeldformaat 23x23 cm) het meest geschikt. Het blijkt namelijk dat de spectrale verschillen die de diverse vegetatietypen vertonen op deze film het best tot uitdrukking komen. Daarbij speelt het opnemen van de gereflecteerde nabij-infrarode straling (en het zichtbaar maken daarvan) een belangrijke rol. Een van de voordelen van het gebruik van luchtfotografie boven bijv. multispectrale scanning is dat niet alleen informatie over kleur wordt verkregen, maar ook over structuur, hoogte en textuur (van Stokkom,1983). Niettemin zijn de verwachtingen voor wat betreft de Caesar-scanner in deze hoog gespannen. Caesar is een opto-electronische



Fig. 1: Zwart-wit afdruk van een false colour luchtfoto van een gedeelte van het Verdronken Land van Saeftinghe.

CCD-scanner die in de "land-mode" drie spectrale banden (groen, rood, nabij-infrarood) koppelt aan een hoge geometrische resolutie (ca. 50 cm). Daarmee zou het mogelijk moeten zijn ook structuur en textuur informatie uit de beelden te destilleren en bovendien, indien opgenomen met voldoende overlap, hoogteinformatie. Voordelen zitten in het naar verwachting snellere verwerkingsproces, de meer optimale kleuronderscheiding en de verbetering van het kaartvervaardigingsproces.

3.2 Oliedetectie

Sinds 1 januari 1983 is bij RWS een zg. oliedetectiesysteem operationeel voor opsporing van olieverontreinigingen op de Noordzee. Het oliedetectiesysteem opereert vanuit een vliegtuig en bestaat uit een Side-Looking Airborne Radar (SLAR) en een analoge thermisch infrarood/ultra-violetscanner (IR/UV). De SLAR zendt gepulst lijn voor lijn microgolfstraling uit en ontvangt het terugverstrooide signaal, hetgeen direct omgezet wordt tot een beeld op een tv-scherm. Op deze wijze kan een gebied van ca. 40 km breed in een keer worden geïnspecteerd. Doordat olie op zee de capillaire golfjes op de grotere golven dempt wordt de uitgezonden straling relatief minder in de richting van het vliegtuig terugverstrooid. Hierdoor is een oliespoor of -vlek van zijn omgeving te onder-



Fig. 2: Het oliedetectievliegtuig van Verkeer en Waterstaat. De "lange pijp" onder de neus is de SLAR-antenne.

scheiden. Met behulp van de IR/UV-scanner, die in een smalle strook onder het vliegtuig waarneemt, is het mogelijk te verifiëren of men werkelijk met olie te maken heeft. Indien het antwoord daarop positief is wordt gekeken of de overtreder nog aanwezig is en zo ja dan worden foto's gemaakt van het schip, waarbij in de randmerken relevante informatie over tijdstip, plaats e.d. worden meegefotografeerd (Spanhoff & Wijmans,1984). Registratie van lozingen door schepen wordt, na gewenning, geaccepteerd als bewijslast. Doordat het alom bekend is dat RWS zelfs 's nachts een dergelijke patrouilletaak uitvoert, is het aantal lozingen drastisch afgenomen.

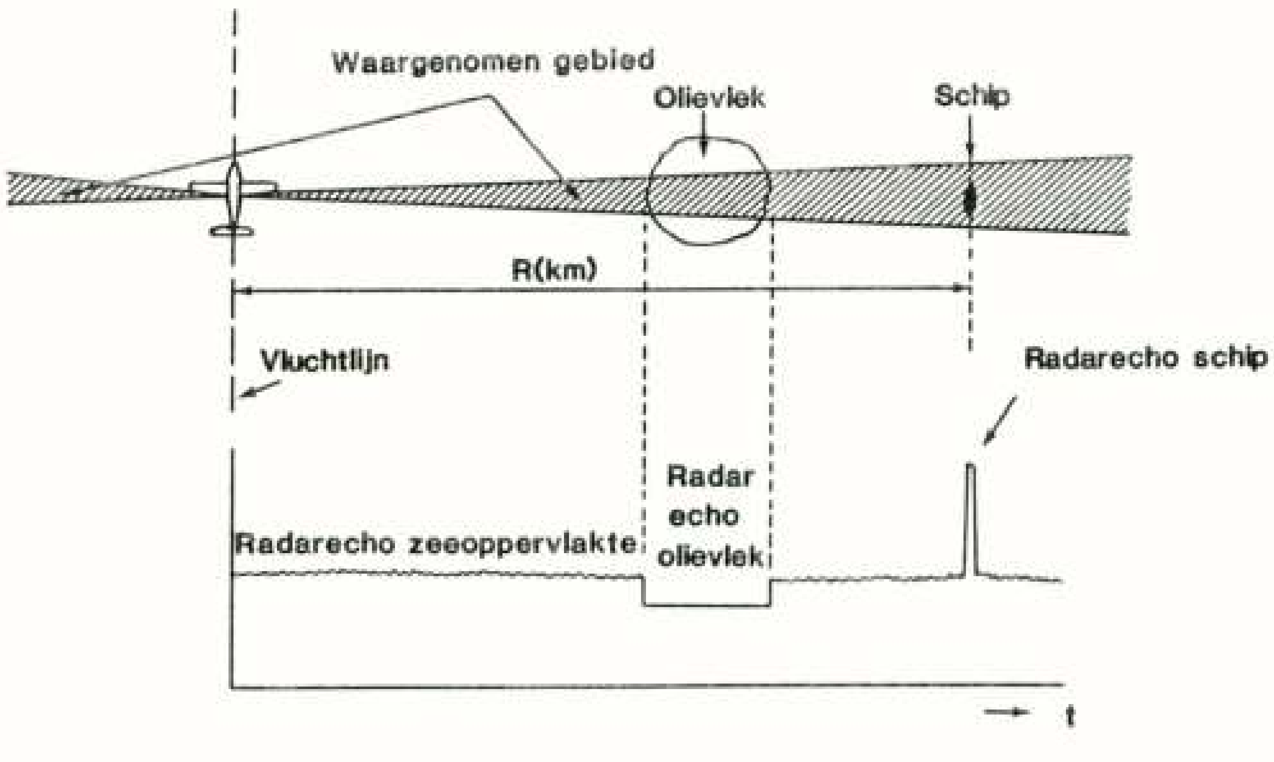


Fig. 3: Schematische voorstelling van de radarterugverstrooiing van een olievlek en een schip.

3.3 Waterkwaliteit

De monitoring van waterkwaliteit op de Noordzee en de grotere binnenwateren geschiedt nu nog op de conventionele manier door bemonstering met schepen op discrete plaatsen en tijdstippen en met vaste meetopstellingen, waarmee onder meer tijdreeksen bepaald worden. In deze monsters worden tal van waterkwaliteitsparameters gemeten. Toepassing van remote sensing is hierin nog niet volledig operationeel. Uit onderzoek is gebleken dat ook hier veelbelovende mogelijkheden zijn.

De remote sensing technieken die in dit kader gebruikt worden, zijn hoofdzakelijk multispectrale en thermische scanning in het optische deel van het spectrum. De beelden worden opgenomen vanuit satellieten en vliegtuigen en digitaal verwerkt. Deze multispectrale beelden geven een goed overzicht van de hoeveelheid gereflecteerde zonnestraling in diverse golflengtebanden aan het wateroppervlak.

Onder de waterkwaliteitsparameters van interesse zijn er een aantal die optisch actief zijn en daarmee in principe met remote sensing gemeten kunnen worden. Het gaat hier met name om chlorofyl, zwevende stoffen en humuszuren. Temperatuur van het water kan gemeten worden met thermisch gevoelige sensoren. De kunst is nu om een functionele relatie te zoeken tussen de remote sensing en de monstergegevens. Deze relatie, ook wel algoritme genoemd, kan dan weer gebruikt worden om uit alle remote sensing gegevens een beeld te berekenen van de verdeling van bijv. het chlorofylgehalte. Patronen in parameters kunnen zo zichtbaar gemaakt worden (Stokman & van Stokkom,1986).

Aan het gebruik van remote sensing technieken voor deze toepassing kleven echter een aantal haken en ogen. In de eerste plaats zijn de momenteel vanuit satellieten en vliegtuigen opererende sensoren geen van alle specifiek geschikt voor het waarnemen van verschillen in waterkleur. De spectrale banden zijn in de regel te breed en liggen niet op de juiste plaats in het spectrum. Dit bemoeilijkt het leggen van relaties tussen de monstergegevens en de remote sensing data. De al eerder vermelde Caesar-scanner maar nu in de "zee-mode" zou aan deze bezwaren grotendeels tegemoet kunnen komen. Onderzoek daarnaar wordt momenteel gedefinieerd. Verder is het een tamelijk lastige zaak om de monsters exact op het tijdstip te nemen waarop de remote sensing opname verricht wordt. Wanneer het tijdinterval te groot wordt

zal uitgerekend moeten worden waar de watermassa zich bevindt die op een eerder tijdstip is opgenomen (verzeiling).

Bij de keuze tussen satelliet- of vliegtuigbeelden voor deze toepassing spelen vooral de volgende factoren een rol.

<u>Satellietbeelden</u>	<u>Vliegtuigbeelden</u>
-beelden van zeer grote gebieden stuk	-beelden van minder grote gebieden (bv. rivier)
-resolutie orde tientallen meters	-resolutie orde enkele meters
-relatief goedkoop	-relatief duur
-vaste overkomsttijden	-opnametijdstip variabel
-vaste opnamefrequentie	-frequentie variabel
-bestaande sensoren	-flexibele bandkeuze
-eenvoudige planning van monsterprogramma	-monsterprogramma moeilijker in te passen

Verontreiniging van het oppervlaktewater door lozingen is een onderwerp waarin thermische remote sensing een waardevolle bijdrage kan leveren. De operationalisering van deze toepassing is dan ook in volle gang. Het accent ligt daarbij op het opsporen van illegale lozingen en de verspreiding van geloosd afvalwater. Dagelijks twee keer overkomende meteorologische satellieten leveren overzichtsbeelden van de zeewatertemperatuur. Momenteel wordt gewerkt aan de digitale opslag en de verwerkingsmethode van de ontvangen beelden.

3.4 Stromingspatronen

De verspreiding van watermassa's op de grote rivieren, bijv. door uitstoot van koelwater van industrie en electriciteitscentrales wordt nu voornamelijk bepaald m.b.v. modelberekeningen. Thermisch infraroodbeelden geven een overzichtsbeeld van de warmteverdeling aan het wateroppervlak. Hieruit is informatie te verkrijgen over de stromingspatronen nabij lozingspunten, op splitsingspunten van rivieren en bijv. in havengebieden. Met behulp van vliegtuigopnamen is nagegaan wat de invloed van het getij was op de stromingspatronen in de Chemie-Botlekhaven door gedurende 12 uur opnamen te maken.

Het bepalen van stromingspatronen op de Noordzee of het IJsselmeer met vliegtuigopnamen is veel lastiger en duurder omdat het gehele gebied van interesse in de regel niet in zijn geheel in een keer op te nemen is, waardoor men aangewezen is op satellietwarmtebeelden of andere remote sensing technieken, zoals HF-radar. Deze HF-radar is een systeem waarmee stromingsrichtingen (en golfspectra) over grote



Fig. 4: Thermische opname van de Chemie-Botlekhaven (Rotterdam), wit = warm en zwart = koud.

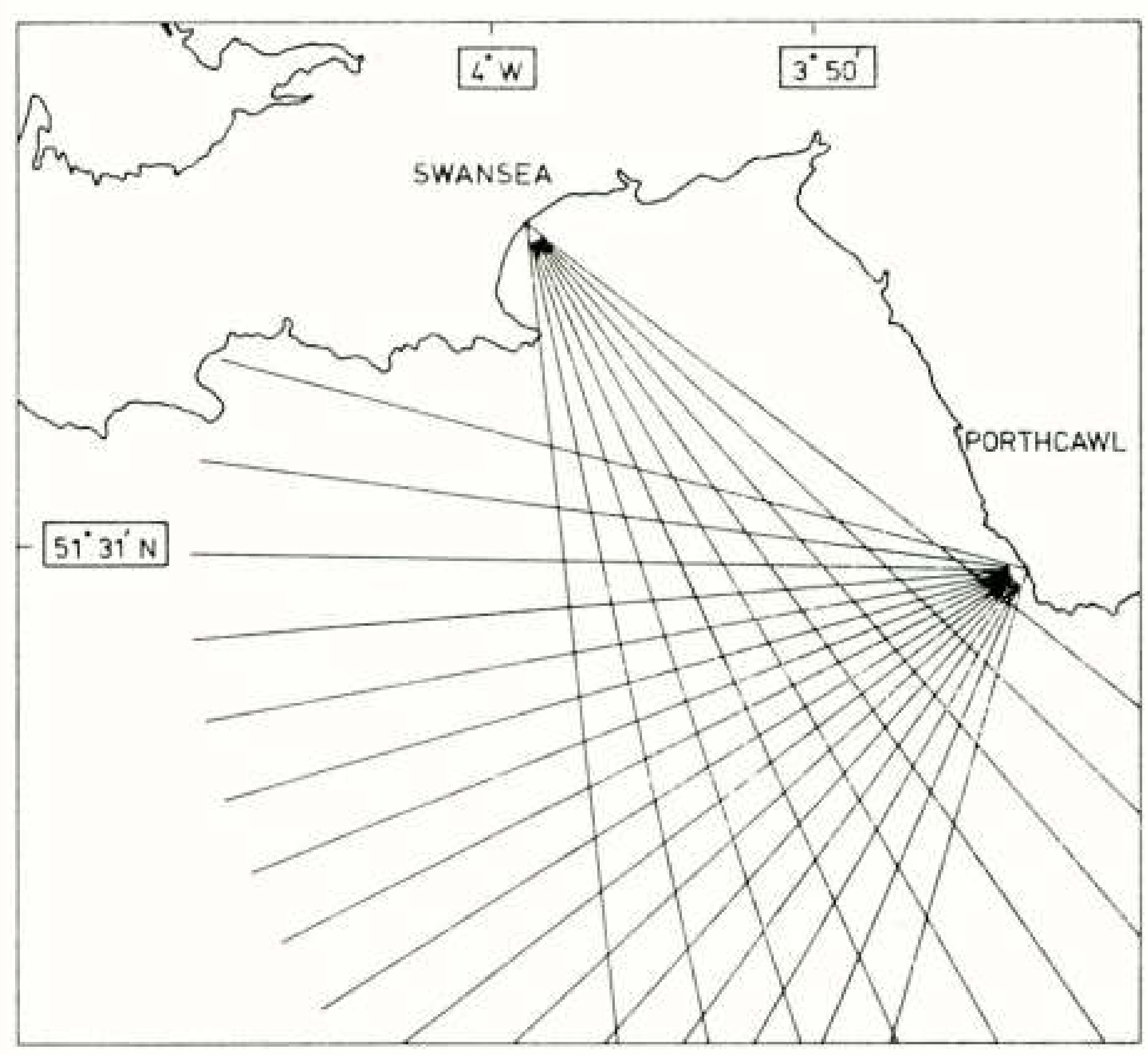


Fig. 5: Voorbeeld van een opstelling van twee HF-radarsystemen en het gebied dat dan bestreken kan worden (Pattiaratchi et al.,1986).

gebieden (150 tot 200 km uit de kust) gemeten kunnen worden. Daartoe worden op bijv. 100 km uit elkaar twee zender/ontvangers geplaatst en uit het terugontvangen signaal de horizontale stromingsvectoren berekend. Voor bijv. de begeleiding van mammoettankers bij het binnenvaren van de Eurogeul kan informatie over de te verwachten stromingen en golfhoogten van economisch belang zijn. Op dit moment wordt onderzocht welk HF-radarsysteem het meest geschikt is voor dit doel. Daarnaast is een systeem in onderzoek dat in plaats van met hoogfrequente straling met microgolfstraling werkt. De range is daarvan echter beperkt tot enkele kilometers.

3.5 Bodemdiepte

Het meten van de bodemdiepte op zee en in de estuaria is een activiteit die binnen RWS al jaren de nodige inspanning kost. Dit geschiedt met behulp van lodingssystemen aan boord van schepen. Nadeel van deze methode is dat de snelheid laag is en de personele en financiële investeringen aanzienlijk zijn. Vooruitlopend op het onderstaande moet daarentegen het onder vrijwel alle weersomstandigheden kunnen opereren genoemd worden. Uitwerking van de verzamelde meetgegevens tot dieptekaarten gebeurt voor een belangrijk deel met de hand. Het gebruik van de computer neemt ook hier toe. De nauwkeurigheden die zo bereikt kunnen worden, liggen in de orde van 10 centimeter hoogteverschil.

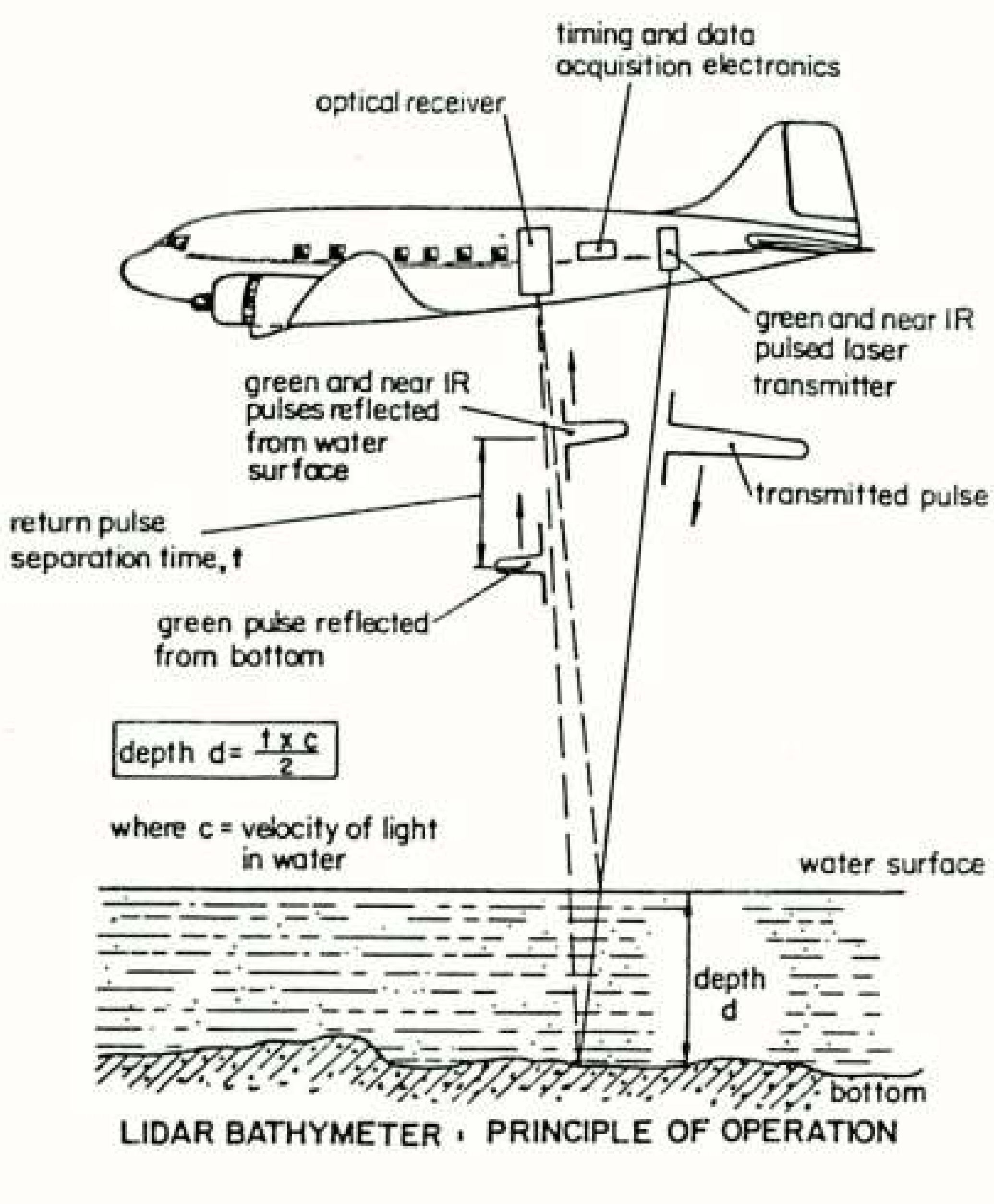


Fig. 6: Schematische voorstelling van een laserbathymetersysteem (Peters & Veugen, 1986).

Naar het zich laat aanzien kunnen lasertechnieken aan boord van een vliegtuig of helikopter in deze behoefte voorzien. In Australië, Canada en de Verenigde Staten wordt reeds operationeel gebruik gemaakt van laserbathymetriesystemen (Veugen,1983). Dieptes die gehaald worden reiken tot ca. 30 meter, vooropgesteld dat het water helder genoeg is. Nauwkeurigheden liggen in de orde van 10 cm tot 1 meter. Het probleem dat toepassing in de Nederlandse kustwateren op dit moment weerhoudt is de troebelheid van die wateren. Peters & Veugen,1986 hebben aangetoond dat de mogelijkheden beperkt zijn als gevolg van de troebelheid, maar dat deze parameter sterk in het seizoen varieert. De vraag is nu of er een periode te vinden is met zodanig rustige weersomstandigheden en van voldoende lengte om een belangrijk deel van het kustgebied te bemeten met een vliegend laserbathymetersysteem. Ook de te bereiken nauwkeurigheid behoeft aandacht.

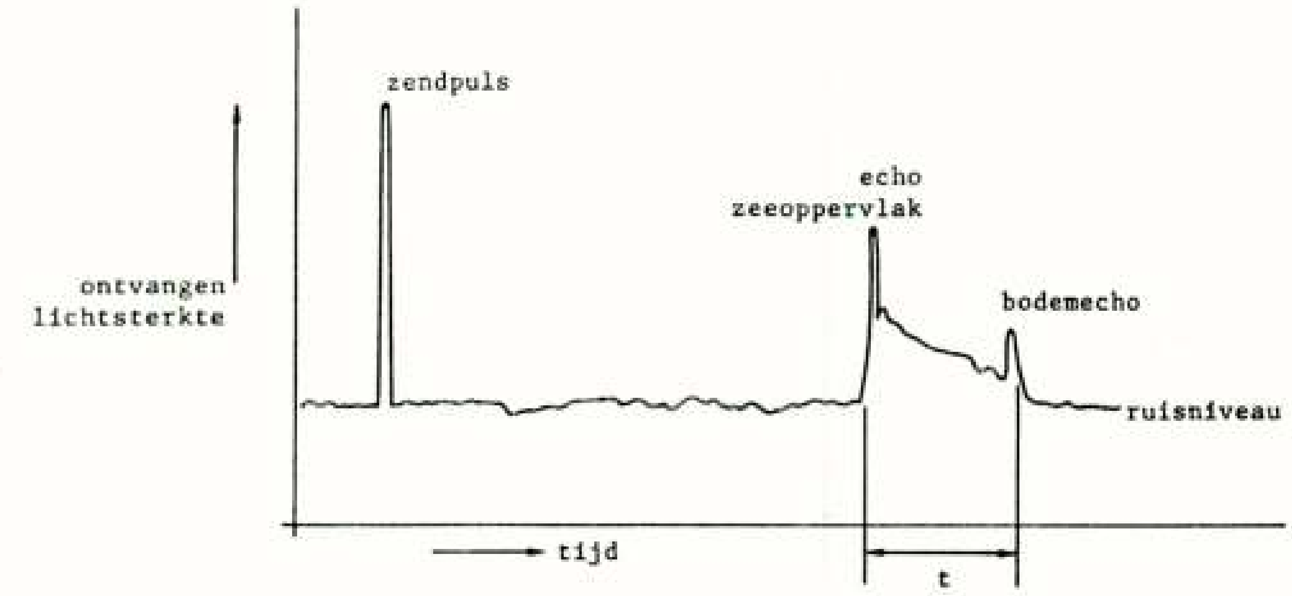


Fig. 7: Tijdregistratie van de ontvangen lichtsterkte (Peters & Veugen,1986).

Min of meer bij toeval is bij TNO ontdekt dat de topografie van de zeebodem zichtbaar wordt op SLAR-beelden mits deze onder speciale omstandigheden opgenomen worden (o.a. hoge stroomsnelheden). De verwachting is dat ook de synthetische apertuur radar beelden uit de ERS-1 deze informatie zal kunnen leveren. Het fysisch mechanisme dat dit verschijnsel veroorzaakt wordt nog niet in detail begrepen, maar komt in grote lijnen neer op het volgende. Een verhoging van de zeebodem veroorzaakt een verhoging van de stroomsnelheid hetgeen de vorm van de capillaire golfjes (op de grotere golven) tot gevolg heeft. Hierdoor wordt het terugverstrooide signaal gewijzigd. Met deze

toepassing is het mogelijk om de veranderingen in de zeebodemtopografie in de tijd te volgen, hetgeen van belang is voor het beheer van de getijdewateren.

4. Operationalisering

Indien een remote sensing techniek goede perspectieven biedt voor operationele toepassing dient onderzocht te worden aan welke voorwaarden voldaan moet worden om een daadwerkelijke inpassing in de dagelijkse praktijk te bereiken. Het zal duidelijk zijn dat hier niet alleen technische aspecten een rol bij spelen. Organisatorische, financiële en niet te vergeten sociale aspecten moeten in ogenschouw worden genomen. In het onderstaande worden deze aspecten globaal uitgewerkt.

4.1 Technische aspecten

Bij het opstellen van de technische specifikaties dient te worden uitgegaan van de vragen die gesteld worden door de gebruiker cq. beheerder. Deze laatste heeft in de regel kennis genomen van de mogelijkheden van de techniek en zal vanuit zijn optiek mee moeten praten in het operationaliseringsonderzoek. Bij het zoeken naar oplossingen kan er tussen onderzoeker en gebruiker een taalprobleem optreden naast het gericht zijn op verschillende doelen. De gebruiker legt het accent bij "wat kan ik er mee?" terwijl de onderzoeker de nadruk legt bij hetgeen nog niet of onvoldoende bekend is. Meestal zal het zo zijn dat de beheerder de (meer)waarde van de door remote sensing te leveren informatie afweegt tegen datgene wat hij nu tot zijn beschikking heeft. Dat betekent dat er relatief hoge eisen in de specifikaties verwoord worden. Zaken die daarbij aan de orde komen zijn:

- grootte en vorm van de op te nemen objecten
- opnametechniek (fotografie, multispectrale scanning, thermische scanning, SLAR, HF-radar, laser etc.)
- aantal spectrale banden
- plaats en breedte van de spectrale banden in het spectrum
- geometrische resolutie (kleinst waarneembare oppervlakte)
- temporele resolutie (hoe vaak is een opname vereist cq. gewenst, hoe flexibel is men in het tijdstip van opname, in welke periode moet opgenomen worden etc.)
- hoeveel tijd mag er tussen opnametijdstip en gegevenslevering zitten

Bij het opstellen van deze specifikaties moet een afweging gemaakt worden tussen de vaak conflicterende technische mogelijkheden. Met name de snelheid waarmee de verwerkte gegevens beschikbaar moeten zijn voor de beheerder is daarbij van belang. Datacorrectie en -verwerking neemt in de regel de nodige tijd in beslag of vergt grote investeringen voor snelle computers. In het oliedetectievliegtuig bijvoorbeeld is dit probleem opgelost door de data analoog op een beeldscherm te presenteren. De waarnemer kan zijn interpretatiewerk dan on-line in het vliegtuig verrichten. Vaak moeten concessies gedaan worden t.a.v. de eisen. Ter illustratie dient hier de Caesar-scanner waarbij vanwege de enorme datahoeveelheid en de opslag daarvan een keuze gemaakt moest worden tussen een hoge spectrale, het aantal banden en lagere geometrische resolutie in de "zee-mode" en het tegenovergestelde in de "land-mode".

4.2 Organisatorische en financiële aspecten

Bij de introductie van remote sensing toepassingen in bestaande, meestal uitgekristalliseerde, organisaties behoeven de manier van werken en de informatiestromen enige aanpassing. Gegevens komen op een andere wijze binnen, hebben een specifieke bewerking nodig, vereisen vaak ook mensen van andere disciplines, systemen dienen geschikt gemaakt te worden om de remote sensing gegevens in te passen en soms is zelfs een wijziging van de organisatiestructuur gewenst. Daarnaast zal pas enige tijd na invoering kunnen blijken of de investeringen inderdaad het verwachte voordeel opleveren. Was het zo dat tijdens de operationaliseringsfase een gedeelte van de kosten betaald kunnen worden uit onderzoeksbudgetten, gedurende de operationele fase (het daadwerkelijke gebruik) komen alle kosten voor rekening van de gebruiker. In de aanloopfase zal het vaak zo zijn dat de "oude" naast de "nieuwe" methode gevolgd wordt met de financiële gevolgen van dien. Ook de vraag of de beheerder het verzamelen en verwerken van de gegevens in eigen beheer moet doen dan wel gaat uitbesteden, dient beantwoord te worden. De financiële aspecten spelen hierbij natuurlijk een belangrijke rol.

4.3 Sociale aspecten

Juist in een tijd van bezuinigingen en inkrimpingen bij de overheid, en een beleid gericht op uitbesteding en privatisering zal het animo voor het met open armen ontvangen van nieuwe technieken en methoden gering zijn. Dit

geldt vooral voor de mensen die uitvoerende taken hebben in het verzamelen en uitwerken van de meer traditionele metingen. Adequate her- en omscholing zal slechts een gedeelte van de pijn kunnen voorkomen. Bovendien is er een natuurlijke behoefte aan rust en orde, die naar de mening van velen met alle veranderingen van de laatste jaren behoorlijk in het gedrang komt. Nieuwe veranderingen worden dan ook met argusogen bekeken.

5. Slot

Sinds het begin van de zeventiger jaren heeft de Rijkswaterstaat al veel in remote sensing geïnvesteerd en doet dat nog steeds. Er is een vaste kern binnen RWS (DBW, DGW en MD) gevormd die de operationalisering van remote sensing moet stimuleren. Daarnaast vormen de organisatorische, financiële en sociale aspecten uiteraard onderwerp van zorgvuldige zorg van het RWS-management.

5. Literatuur

Meulstee, C., P.H.Nienhuis en H.T.C. van Stokkom (1986) Biomass assessment of estuarine macrophytobenthos using aerial photography. Marine Biology 91, pp. 331-335.

Pattiaratchi, C.B., T.M. Hammond and M.B. Collins (1986) Mapping of tidal currents in the vicinity of an offshore sandbank, using remotely sensed imagery. Int.J.RS, Vol.7, No.8, pp. 1015-1029.

Peters, H.C. en L.M.M. Veugen (1986) Transmissiemetingen op de Noordzee t.b.v. laserbathymetrie. RWS-Nz&MD.

Spanhoff, R. en W. Wijmans (1984) The Dutch experience with remote sensing of oil pollution. in "Remote sensing for the control of marine pollution", J.M. Massin (ed), Plenum Press, pp. 313-323.

Stokkom, H.T.C. van (1981) Vegetatiekaarteringen met behulp van luchtfoto's. Geodesia 23/12.

Stokkom, H.T.C. van (1983) Interpretatie van luchtfoto's en remote sensing-beelden. Geodesia 25/4.

Stokman, G.N.M. en H.T.C. van Stokkom (1986) Multispectral scanning techniques for waterquality studies in the North Sea. Int. Ass. of Hydrological Sc.,Budapest, IAHS Publ.no.157, pp.143-151.

Veugen, L.M.M. (1983) Literatuurstudie bathymetrie met laser. MD-RWS; MDLK-R-8317.

Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.

10 JAAR ERVARING MET REMOTE SENSING IN DE LANDBOUWWATERHUISHOUDING

Ir. G.J.A. Nieuwenhuis
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Postbus 35, 6700 AA Wageningen

Ten years experience with remote sensing in agricultural water management. A method has been developed to map automatically evapotranspiration from digitally taken reflection and thermal images. Such maps can be applied to determine effects of man-made changes in the overall agrohydrological situation. Application of remote sensing in the water management practice is illustrated with results from the Remote Sensing Study-project 'Oost-Gelderland'.

INLEIDING

De vochtvoorziening en het watergebruik van landbouwgewassen hangt af van factoren als bodemvochtvoorraad, neerslag, aanvulling uit het grondwater en profielopbouw. De kennis van deze factoren is niet alleen van belang om de werkelijke vochtvoorziening vast te stellen, maar dient tevens om de behoefte van wateraanvoer en de effecten van ingrepen in de hydrologische situatie te bepalen.

Met behulp van veldmetingen kan de vochtvoorziening en het watergebruik van landbouwgewassen lokaal worden bepaald. Een indruk van de situatie over een heel gebied kan worden verkregen met remote- sensingtechnieken. In de landbouw kan zowel schade optreden door een tekort als door een teveel aan water. Tot op heden is de aandacht alleen gericht geweest op de kartering van droogteschade.

In dit artikel wordt eerst een overzicht gegeven hoe het remote sensing onderzoek op het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) zich heeft ontwikkeld. Na de relatie tussen de gemeten stralingstemperatuur van een gewas en de gewasverdamping wordt de ontwikkelde methodiek van verdampingskartering toegelicht. Aan de hand van een onderzoek in Oost-Gelderland worden de mogelijkheden van remote sensing in de landbouwwaterhuishouding geïllustreerd. Hierbij wordt speciaal ingegaan op de bepaling van effecten van grondwateronttrekking op de vochtvoorziening van landbouwgewassen. De toepassing van vliegtuig- en satelliet-remote sensing komt aan de orde, waarna ten slotte wordt ingegaan op de perspectieven van remote sensing.

ONDERZOEKSONTWIKKELINGEN

In 1975 werd in de landbouwwaterhuishouding voor het eerst ervaring opgedaan met de techniek van remote sensing. Soer (1977,1980) toonde aan dat verdroging van landbouwpercelen op warmtebeelden herkenbaar was aan de hoge oppervlaktetemperaturen. Naarmate gewassen slechter van water zijn voorzien, neemt de verdamping van het gewas af, waardoor de temperatuur van het gewas toeneemt. Voor de interpretatie van uit warmtebeelden afgeleide oppervlaktetemperaturen ontwikkelde Soer (1977) het TERGRA-model. Dit model simuleert het warmte- en watertransport in het bodem-plant-atmosfeer systeem. Voor dagen waarop opnamen worden gemaakt (vanuit vliegtuig of satelliet) kunnen relaties worden afgeleid tussen de gewastemperatuur op het opnametijdstip en de dagverdamping. Tevens verkrijgt men informatie over de beschikbaarheid van bodemvocht voor het gewas.

Na een periode van fundamenteel onderzoek in de jaren zeventig concludeerde men dat remote-sensingtechnieken goede mogelijkheden bieden voor operationele toepassing. Voor een onderzoek dat is uitgevoerd in Oost-Gelderland zijn de mogelijkheden voor landbouw en natuurbeheer nader onderzocht (Projectteam Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland, 1985). Met remote-sensingopnamen is voor een gebied van enige omvang informatie verkregen omtrent de bodemkundige, vegetatiekundige en hydrologische situatie. Hiervoor zijn in 1982 en 1983 een aantal vliegtuigvluchten uitgevoerd. In het onderzoek zijn false-colourfoto's en reflectie- en warmtebeelden gebruikt die met een scanner zijn opgenomen. Er is een methodiek ontwikkeld om met deze gegevens de verdamping te karteren.

THERMOGRAFIE EN GEWASVERDAMPING

Vanuit een vliegtuig of satelliet kan met een sensor, die gevoelig is voor warmtestraling, het aardoppervlak worden afgetast. Hierdoor krijgt men een beeld van de temperatuurvariatie.

In deze paragraaf wordt ingegaan op de relatie tussen de met een scanner waargenomen gewastemperatuur en de gewasverdamping. Deze relatie kan worden afgeleid door een energiebalans aan het aardoppervlak op te stellen. De netto energie die het aardoppervlak ontvangt van de zon wordt gedeeltelijk gebruikt voor een aantal biochemische processen, waaronder de fotosynthese. Gedurende de dag wordt een deel van de zonne-energie gebruikt om de bodem op te warmen, doch 80 tot 90% van de netto

stralingsenergie wordt weer direct afgevoerd. Bij begroeide oppervlakken die in ruime mate van water zijn voorzien, gebeurt dit voornamelijk doordat planten water verdampen dat uit de bodem is opgenomen. Als er een tekort aan water ontstaat in de wortelzone zal de verdamping lager worden, waardoor de gewastemperatuur stijgt. Er wordt een nieuw evenwicht bereikt doordat nu meer energie wordt afgevoerd door een toename van de warmte-uitwisseling tussen het gewas en de lucht boven het gewas. Uit de theorie blijkt dat er een vrijwel lineair verband bestaat tussen de gewastemperatuur en de gewasverdamping.

Hoewel warmtebeelden slechts informatie verschaffen op een bepaald tijdstip (het opnametijdstip) is het mogelijk via modelberekeningen de gewasverdamping over de gehele dag te bepalen (Soer, 1977). Deze methode is echter tamelijk ingewikkeld vanwege het grote aantal invoergegevens (onder andere meteorologische grootheden, bodemkarakteristieken en gewasparameters). Thunnissen (1984a) toonde aan dat in Nederland op dagen waarop gevlogen wordt voor het waarnemen van droogteschade met eenvoudige lineaire relaties kan worden gewerkt. Bij deze benadering worden per gewas verschillen in temperatuur afgeleid uit het warmtebeeld vertaald in een reductie in gewasverdamping.

VERDAMPINGSKARTERING

Algemeen

Niet alle gewassen reageren op dezelfde wijze op tekortkomingen in de vochtvoorziening. Voor de omzetting van een warmtebeeld in een kaart met dagverdampingswaarden is daarom een gewassenkaart nodig. Deze kaart ontstaat door geautomatiseerde gewasclassificatieroutines toe te passen aan de hand van reflectiebeelden die gelijktijdig met het warmtebeeld zijn opgenomen. Door vervolgens per pixel de waargenomen oppervlaktetemperatuur afhankelijk van de toegekende gewasklasse te vertalen in een verdampingswaarde kan een verdampingskaart worden verkregen.

De beschreven methodiek is ontwikkeld en getest voor het Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. Het is hiermee mogelijk op standaard beeldverwerkingssystemen digitale reflectie- en warmtebeelden om te zetten in een kaart met relatieve dagverdampingswaarden.

Toepassing in Oost-Gelderland

Voor het onderzoek in Oost-Gelderland is met name aandacht besteed aan het effect van een verlaging van de grondwaterstand op de vochtvoorziening van landbouwgewassen. In het onderzochte gebied vindt onttrekking van grondwater plaats voor de drinkwatervoorziening. Op 30 juli 1982 is na een voor Nederlandse omstandigheden extreem droge periode een remote- sensingvlucht uitgevoerd. Fig. 1 toont de verdampingskaart van een deel van het onderzoeksgebied. Met het driedimensionale model GELGAM (De Laat and Awater, 1978; De Laat, 1980) kan per gridcel (in dit geval 500 bij 500 m groot, zoals in de figuur is aangegeven) de verdamping van gewassen gedurende het gehele groeiseizoen worden gesimuleerd. Per gridcel wordt echter slechts een gemiddelde waarde verkregen. In Fig. 1 is de variatie in verdamping per gridcel duidelijk zichtbaar.

Thunnissen (1984b) heeft de verdamping van gewassen ook gesimuleerd met het eendimensionale hydrologische model SWATRE (Feddes et al., 1978; Belmans et al.,1983). In dit geval is de berekende verdamping slechts van toepassing op één plaats en extrapolatie naar andere plaatsen is niet eenvoudig. Voor vluchtdagen vergeleek hij de verdampingswaarden die met GELGAM en SWATRE waren bere-

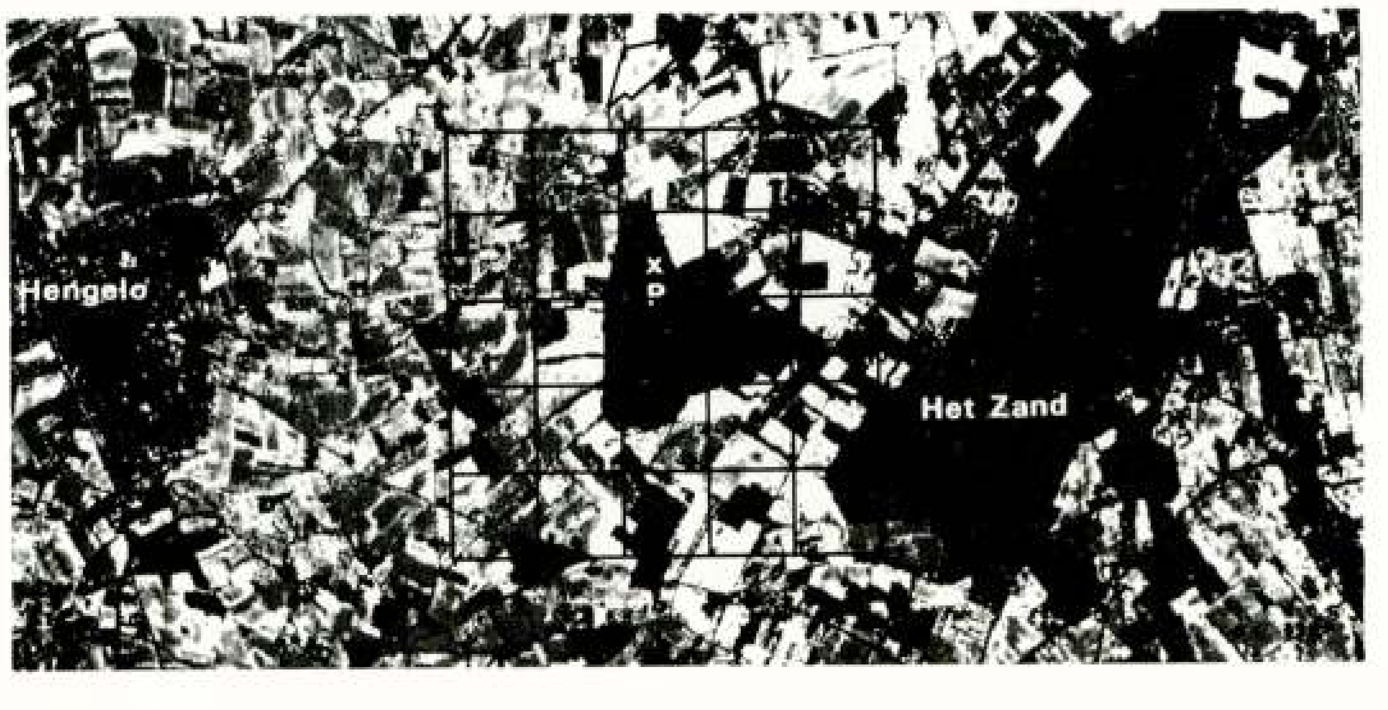


Fig. 1. Verdampingskaart van het onderzoeksgebied in de omgeving van het pompstation 't Klooster (P) bij Hengelo (Gld). De kaart is verkregen door automatische verwerking op het RESEDA-systeem van digitale reflectie- en warmtebeelden, die zijn opgenomen op 30 juli 1982 om 12.00 MET. De schematisering toegepast in het hydrologisch model GELGAM (De Laat and Awater, 1978; De Laat, 1980) is aangegeven. De gewasverdamping neemt af van de maximaal mogelijke verdamping (donker grijs) tot een niveau van ongeveer 30% van deze waarde (wit). Zwart betekent niet gekarteerd. Een gridcel is 500 x 500 m

kend met de resultaten die met remote sensing waren verkregen. Thunnissen toonde aan dat remote sensing een belangrijk hulpmiddel is voor de controle van resultaten verkregen met hydrologische modellen en voor de ijking van deze modellen.

Aan de hand van de verdampingskaart in Fig.1 zijn de effecten van de grondwaterwinning door een drinkwaterpompstation bestudeerd. Ondanks het concentrisch verlagingspatroon van de grondwaterstand rond het pompstation zijn geen daarmee overeenkomende verdrogingspatronen zichtbaar. De verdampingskaart toont echter wel dat in de directe omgeving van het pompstation sterke verdroging optreedt, die vermoedelijk grotendeels wordt veroorzaakt door de grondwateronttrekking. Op grotere afstand van het pompstation komt verdroging voor in een onregelmatig patroon. Hier kan de verdroging echter niet zonder meer aan de invloed van de onttrekking op de vochtleverantie van de bodem worden toegeschreven. De verdroging in een gebied ten zuidwesten van het natuurgebied 'Het Zand' wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door de aanwezigheid van sterk droogtegevoelige zandgronden. Ten westen van het pompstation blijft de verdroging beperkt door de aanwezigheid van minder droogtegevoelige gronden (oude beekdalen). Bovendien vindt hier op uitgebreide schaal beregening plaats. Hierdoor hebben de verdrogingspatronen op de verdampingskaart een grillige vorm.

Een meer systematische studie van de verdamping op 30 juli 1982 per gewassoort, bodemtype en grondwaterniveau laat het volgende zien. Voor een aantal bodemtypen en grondwaterniveaus wordt een duidelijke afneming van de verdamping van gras en mais waargenomen naarmate de afstand tot de onttrekking geringer en derhalve de verlaging van de grondwaterstand groter wordt. Fig. 2A toont dat de verdamping van gras op een vochthoudende zandgrond afneemt in de richting van het pompstation. Bij een afstand tot de onttrekking van meer dan 1300 m heeft de grondwaterwinning geen waarneembare invloed meer op de verlaging. Bovendien is dan door capillaire nalevering vanuit het grondwater de gewasverdamping vrijwel maximaal. Fig. 2B geeft een heel ander resultaat te zien. De verdamping van mais op een droogtegevoelige zandgrond is volgens het warmtebeeld bijzonder laag en onafhankelijk van de afstand tot de onttrekking. Er is sprake van een hangwaterprofiel, dat wil zeggen de diepte van de grondwaterstand heeft geen of slechts een zeer geringe invloed op de vochtleverantie van het gewas.

Conclusie

Indien aan de hand van het warmtebeeld systematisch wordt gekeken naar de verdamping per gewassoort, bodemtype en grondwaterniveau kan met remote-sensingtechnieken informatie worden verkregen over de effecten van grondwateronttrekking op de landbouw. De hydrologische beschrijving van een gebied kan worden verbeterd door in aanvulling op de conventionele werkwijze, die is gebaseerd op veldwaarnemingen en toepassing van simulatiemodellen, remote sensing toe te passen.

MOGELIJKHEDEN SATELLIETOPNAMEN

In Oost-Gelderland is ervaring opgedaan met vliegtuigopnamen. Opnamen vanuit vliegtuigen zijn echter nogal duur. Met de huidige generatie satellietsystemen (SPOT en Thematic Mapper) zijn de toepassingsmogelijkheden van satellietopnamen sterk toegenomen. In de toekomst zal satelliet-remotesensing dan ook een steeds belangrijkere plaats innemen. Nog niet voor elke toepassing is een geschikt satellietsysteem beschikbaar. In de landbouwwaterhuishouding is met name het opnametijdstip bijzonder kritisch, waardoor een satellietsysteem met een beperkte opnamefrequentie (bij Landsat-5 16 dagen) niet in aanmerking komt. Vanwege het frequent voorkomen van bewolking doen deze problemen zich vooral voor in de humide klimaatgebieden (zoals Nederland). De opnamefrequentie bedraagt voor SPOT voor geselecteerde gebieden 4 tot 5 dagen, wat een aanzienlijke verbetering is ten opzichte van Landsat. SPOT neemt echter alleen waar in het kortgolvige gebied van het electromagnetische spectrum en niet in het thermische deel. De conclusie is dat voor inventariserende toepassingen, zoals de kartering van het bodemgebruik, de huidige satellietsystemen van groot

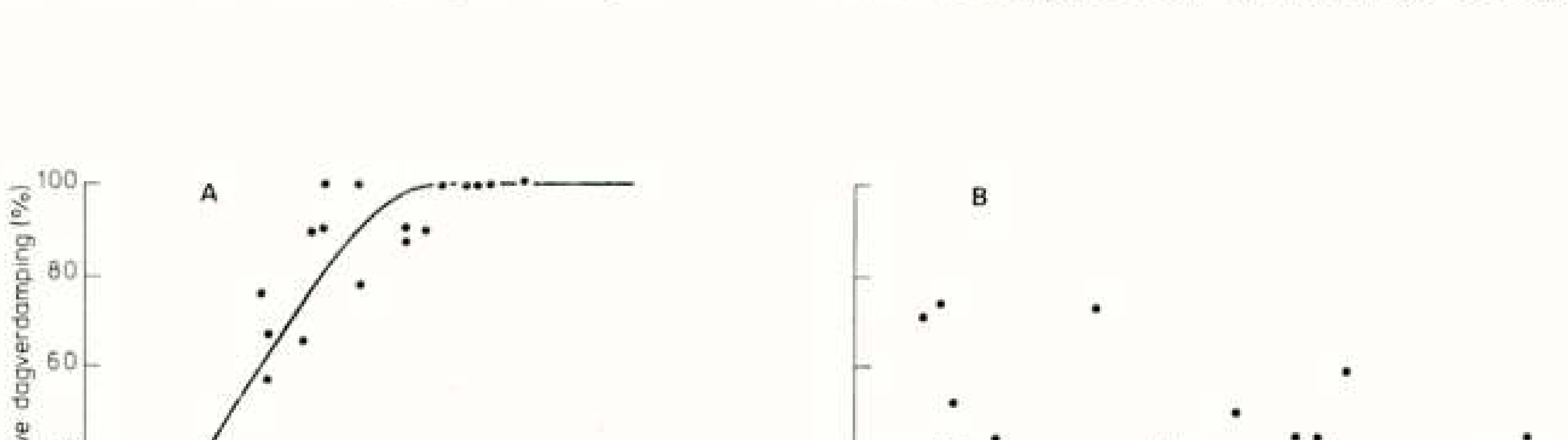


Fig. 2. Relatieve dagverdamping afgeleid uit het warmtebeeld op 30 juli 1982 uitgezet tegen de afstand tot het centrum van de grondwateronttrekking. A. gras op vochthoudende zandgrond, B. mais op droogtegevoelige zandgrond. Het grondwaterniveau is van toepassing op de situatie zonder onttrekking (Thunnissen, 1984a)

belang zijn. Bij de bestudering van dynamische processen, zoals het optreden van verdroging in de landbouw, blijven we in Nederland althans voorlopig aangewezen op remote sensing vanuit vliegtuigen.

PERSPECTIEVEN VAN REMOTE SENSING

Met het beschikbaar komen van satellietopnamen met details op perceelsniveau (Thematic Mapper en SPOT) is het belang van remote sensing sterk toegenomen. Met remote sensing wordt actuele informatie verkregen van een bepaald gebied over bodemgebruik en verdamping. Om het gebruik van deze informatiebron van de grond te krijgen, is afstemming van remote-sensingbeeldverwerking op Geografische Informatie Systemen (GIS) van groot belang. In GIS is de informatie opgeslagen in vectoriële vorm (bij voorbeeld in het Bodemkundig Informatie Systeem en de Cultuurtechnische Inventarisatie. Remote-sensingopnamen en daarvan afgeleide thematische kaarten zijn echter opgeslagen in rastervorm. Een belangrijk deel van de problemen, die ontstaat bij het koppelen van remote-sensinggegevens aan bestaande vectoriële bestanden, wordt veroorzaakt doordat remote-sensingbeeldverwerking zich onafhankelijk van GIS heeft ontwikkeld (Lindgren, 1985). Indien de uit remote-sensingopnamen afgeleide informatie (bijvoorbeeld gewassenkaart, verdampingskaart) kan worden gekoppeld aan geografische gegevensbestanden zal remote sensing een steeds belangrijkere rol gaan spelen bij de beschrijving van de hydrologische situatie van een bepaald gebied en bij het volgen van processen, die aan het aardoppervlak gaande zijn.

LITERATUUR

Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes. 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydrol. 63: 271-286. Techn. Bull. 21. ICW, Wageningen.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik and H. Zaradny. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs. PUDOC, Wageningen. 189 pp.

Laat, P.J.M. de. 1980. Model for unsaturated flow above a shallow water table, applied to a regional subsurface flow problem. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen. PUDOC, Wageningen. 126 pp.

Laat, P.J.M. de and R.H.C.M. Awater. 1978. Groundwater flow and evapotranspiration: a simulation model. Part I. Theory. Basisrapport Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland. Provinciale Waterstaat van Gelderland, Arnhem. 64 pp.

Lindgren, D.T. 1985. Land use planning and remote sensing. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht. 173 pp.

Projectteam Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. 1985. Onderzoek naar de mogelijkheden van operationele toepassing van remote-sensingtechnieken in de landbouw en het natuurbeheer. Rapport 17. ICW, Wageningen. 26 pp.

Soer, G.J.R. 1977. The TERGRA model - mathematical model for the simulation of the daily behaviour of crop surface temperature and actual evapotranspiration. Nota 1014. ICW, Wageningen. 44 pp.

Soer, G.J.R. 1980. Estimation of regional evapotranspiration and soil moisture conditions using remotely sensed crop surface temperatures. Remote Sensing of Environment 9: 27-45. Techn. Bull. 116. ICW, Wageningen.

Thunnissen, H.A.M. 1984a. Hydrologische beschrijving van een studiegebied rond het pompstation 't Klooster: toepassing van hydrologische modellen en remote sensing. Deelrapport 4. Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. Nota 1542. ICW, Wageningen. 85 pp.

Thunnissen, H.A.M. 1984b. Eenvoudige methode voor de bepaling van de regionale dagverdamping van een gewas met remote sensing. Deelrapport 6. Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. Nota 1580. ICW, Wageningen. 39 pp.

Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.

TOEPASSINGEN VAN SATELLIET REMOTE SENSING IN DE WEERSVERWACHTING

Dr. S.H. Muller
K.N.M.I.

Applications of satellite remote sensing in weather forecasting. Firstly an overview of the available satellite data is given and their interpretation discussed. Then the subjective use by the weather forecaster is summarized. Finally the objective use of satellite data in numerical meteorological models is considered, stressing the problems caused by the difference between traditional and satellite data.

Inleiding

Hoewel het gebruik van satellietgegevens in de meteorologie reeds jaren op operationele basis plaatsvindt, is de toepassing toch nog tamelijk beperkt. Dit is grotendeels te wijten aan het grote verschil tussen de satellietmetingen en de traditionele metingen waarop de meteorologie gebaseerd was. In dit korte overzicht wil ik een indruk geven wat deze verschillen zijn en wat er wel al met de beschikbare gegevens gebeurt.

Beschikbare gegevens

Voor de meteorologie is het van groot belang dat de waarnemingen regelmatig gespreid zijn, zowel in ruimte als in tijd. Een netwerk van polaire en geostationaire satellieten kan hier tezamen zorg voor dragen. De polaire satellieten volgen een zonsynchrone baan nagenoeg over de polen op een hoogte van ca. 800 km. Ze nemen een strook van 2300 km breedte waar en komen tweemaal per dag over (op hogere breedtes wat meer door overlap). De Amerikaanse NOAA houdt momenteel een netwerk van tenminste twee satellieten in stand. De geostationaire satellieten staan op een hoogte van ca. 36000 km "stil" boven de evenaar en leveren elk half uur gegevens. Voor een volledige dekking zijn zo'n vijf satellieten nodig. Voor Nederland zijn de belangrijkste de Europese Meteosat en de Amerikaanse GOES satellieten.

In tegenstelling tot traditionele metingen die allerlei grootheden waarnemen zoals temperatuur en wind, meten de satellieten uitsluitend straling. Dit kan door de aarde teruggekaatste zonnestraling zijn (tussen ca. 0.1 en 4 μm) of door de aarde uitgezonden warmtestraling of microgolfstraling (vanaf ca. 3 μm). Voor de meteorologie is niet alleen de straling die van het land afkomt belangrijk, maar ook de waarnemingen van de zee, de wolken en de atmosfeer zelf. Vooral de toestand van de atmosfeer zelf is voor de meteorologie erg belangrijk; in de atmosfeer speelt zich immers het weer af. Tegelijk vormt de atmosfeer echter een hinderlijke storing voor de waarnemingen door satellieten, omdat de straling bij veel golflengten door verschillende gassen geabsorbeerd wordt. Slechts in enkele vensters (zichtbaar, thermisch infrarood) is de atmosfeer vrijwel volledig transparant hoewel ook daar atmosferische correcties nodig zijn. Door echter op slimme wijze in absorptiebanden van CO_2 en H_2O te meten, kunnen metingen van de atmosfeer zelf verkregen worden en verticale profielen van temperatuur, respectievelijk vochtigheid verkregen worden.

Samengevat zijn de volgende gegevens beschikbaar: De polaire satellieten leveren elk eenmaal per dag beelden in 5 spectrale banden van zichtbaar tot thermisch IR, met een horizontale resolutie van 1 km, en verticale profielen met een resolutie van 20-50 km. De geostationaire satellieten leveren elk half uur beelden in 3 spectrale banden met een horizontale resolutie van 2.5 tot 10 km.

Bij de interpretatie van de gegevens maken we gebruik van het feit dat verschillende objecten (rots, wolken, bos etc.) bij verschillende golflengtes verschillende eigenschappen hebben. Vooral bij zichtbaar licht is er een grote variatie in reflectievermogen, terwijl in het thermisch IR vooral de temperatuur bepalend is voor de hoeveelheid uitgezonden straling. Door van verschillende kanalen (golflengtes) gebruik te maken, is het mogelijk om het waargenomen beeld te classificeren. Een groot probleem vormen hierbij inhomogene pixels (die bijvoorbeeld ten dele uit wolken en ten dele uit land bestaan) en transparante wolken. In deze gevallen is een eenduidige classificatie vaak niet mogelijk.

Gebruik in de weersverwachting

Bij het opstellen van een weersverwachting wordt, heel erg versimpeld, van twee dingen gebruik gemaakt: een nauwkeurige beschrijving van het verleden en een modelberekening van de toekomst. Hierbij spelen vooral de globale modellen (ca. 2 tot 5 dagen vooruit) een grote rol. De regionale modellen (ca. 6 tot 48 uur vooruit) zijn nog sterk in ontwikkeling. Op de korte termijn gebruikt de meteoroloog de beschrijving van het verleden. Hierbij bekijkt hij onder meer satellietfoto's; we spreken dan van subjectief gebruik. Op de lange termijn beoordeelt de meteoroloog de interpretatie die aan de globale modeluitvoer gegeven wordt. In deze globale model-

len worden numeriek en automatisch satellietgegevens verwerkt; we spreken dan van objectief gebruik.

Het subjectief gebruik van de satellietgegevens omvat zowel het gebruik bij de analyse van de situatie als het gebruik in de zeer korte termijn verwachting (nowcasting tot 6 uur vooruit). Bij de analyse worden bewolking en fronten geïdentificeerd en gelocaliseerd. Daarbij is de combinatie met traditionele informatie (weerkaarten etc.) en radar van groot belang. Bij de nowcasting leveren de satellietbeelden hulp bij het extrapoleren van de verplaatsing en ontwikkeling van bewolking, fronten, mist en onweersbuien.

Objectief gebruik van satellietgegevens betekent het gebruik van de satelliet als waarnemingsinstrument en als input voor numerieke modellen. In de praktijk stuit dit nog op grote problemen door het fundamentele verschil tussen satellietwaarnemingen en traditionele waarnemingen. In de tabel wordt een overzicht gegeven van de verschillen.

Tabel: Verschillen tussen traditionele en satellietwaarnemingen

Traditioneel	Verschil in	Satelliet
in situ beneden van onderaf	plaats van meting	remote van boven
goed	nauwkeurigheid	matig
puntmeting	soort meting	gebiedsgemiddelde
slecht	horizontale resolutie	goed
goed	verticale resolutie	matig
verschillende (bv. wind, druk, temperatuur etc.)	gemeten grootheid	straling (uitgezonden of teruggekaatst)

Op enigszins omslachtige wijze is het soms wel mogelijk om traditionele grootheden af te leiden uit de satellietwaarneming (b.v. wind uit de verplaatsing van wolken). Het verschil in resolutie en nauwkeurigheid blijft echter bestaan. Hoewel de neiging bestaat om de satellietmetingen aan te passen aan de bestaande modellen, zou het wel eens verstandiger kunnen zijn om ook de modellen aan te passen aan de beschikbare satellietgegevens om aldus optimaal te profiteren.

Door voor dezelfde situatie berekeningen met het model uit te voeren met en zonder satellietgegevens, kan een indruk verkregen worden van het effect. Dit zijn zeer tijdrovende vergelijkingen, die daardoor maar in beperkte mate gedaan zijn. Het resultaat is onder andere dat satellietmetingen vooral op het zuidelijk halfrond (waar immers weinig traditionele metingen zijn) een duidelijk gunstige invloed hebben. Verder blijkt dat men de satellietgegevens zeer zorgvuldig moet gebruiken omdat de invloed ook negatief kan zijn.

Behalve het hier beschreven direkte gebruik in de weersverwachting spelen de weersatellieten op nog andere manieren een rol. Doordat de geostationaire satellieten ook als communicatiesatelliet fungeren, komen de traditionele waarnemingen sneller beschikbaar. Dit is van groot belang, want een verouderde waarneming is weinig meer waard. Verder worden de weersatellieten gebruikt om een wereldomvattend gegevensbestand op te bouwen dat gebruikt kan worden bij het verifiëren van klimaatmodellen. Zonder zo'n bestand zou dit onmogelijk zijn.

Toekomst

Tot slot nog enkele verwachtingen voor de (nabije) toekomst:

- Er komen enkele nieuwe soorten metingen bij:
  - a. enerzijds de aktieve systemen, die zelf energie uitzenden zoals radar (ERS1) waarmee wind op zee gemeten kan worden en lidar waarmee wind en druk gemeten kunnen worden. Een probleem bij het gebruik van deze aktieve systemen vormt hun grote vraag naar energie.
  - b. De belangrijkste uitbreiding op het terrein van de passieve sensoren zijn de microgolfsensoren. Hiermee wordt het mogelijk om ook onder de wolken gegevens over land, zee en atmosfeer te verkrijgen. Bovendien kan men ook neerslag rechtstreeks waarnemen, iets waaraan de meteoroloog en klimatoloog grote behoefte hebben.
- De belangrijkste verbetering zal echter een beter gebruik van de beschikbare gegevens zijn. Het totale gebruik van traditionele èn satellietwaarnemingen zal geoptimaliseerd worden en een integratie van modellen en metingen zal tot stand gebracht worden.

Voordracht gehouden tijdens de 349e werkvergadering.

ZORGEN OVER HET UNIVERSITAIRE ONDERWIJS ELEKTROTECHNIEK IN ONS LAND

prof. ir O.W. Memelink

Worries concerning university education in Electrical Engineering in the Netherlands. University education in EE at the three Dutch Technical Universities has undergone drastic changes over the past years. Where staff numbers decrease, curricula tighten, primary research funding dwindles, bureaucracy aggravates and labour conditions compare unfavourably with those in industry, the motivation among electrical engineers for an academic carreer is rapidly declining. As the quality of staff, which lies at the heart of our educational system, seems to be at stake, measures which improve the working climate are badly needed.

Het Nederlandse universitaire onderwijs in de Electrotechniek wordt gedragen door de drie faculteiten Electrotechniek van onze drie Technische Universiteiten. Zoals ik in dit artikel zal betogen is er reeds enige jaren met betrekking tot het vaste wetenschappelijke personeel een proces van afbouw, veroudering en taakversnippering gaande dat sluipenderwijs een vermindering van de kwaliteit van de opleiding tot Electrotechnisch Ingenieur veroorzaakt.
Ik acht de situatie zó alarmerend, dat ik meen er goed aan te doen de N.E.R.G. leden, waarvan de meesten hun opleiding aan één van de genoemde faculteiten volgden, van de feiten op de hoogte te stellen. Ik verzamelde gegevens en opinies in contacten met vele bekenden in de genoemde faculteiten en erbuiten. Vanaf deze plaats spreek ik gaarne mijn erkentelijkheid jegens hen uit!
De redactie van het Tijdschrift van het N.E.R.G. ziet uw reacties op dit artikel gaarne tegemoet. Zij hoopt in het Tijdschrift tot een inhoudelijke discussie over deze zorgwekkende ontwikkeling te komen.
Wat zijn nu de feiten?

DE "PRODUCTIE" VAN DE FACULTEITEN

In de drie faculteiten Electrotechniek zijn 3500 studenten ingeschreven. Het merendeel volgt een 4-jarige eerste-fase opleiding in de afstudeerrichting informatietechniek #) en ongeveer 10 % volgt een eerste-fase opleiding in de afstudeerrichting energietechniek. Tengevolge van het voortijdig afbreken van de studie behaalt ca 50 % van de studenten de "eindstreep" niet. Het aantal studenten dat per jaar de ingenieurstitel verwerft is 350 - 400. Het merendeel van de afgestudeerden vindt emplooi in het bedrijfsleven.

Van de electrotechnische ingenieurs die Philips jaarlijks aantrekt, is 70 - 80 % afkomstig van de drie Technische Universiteiten; de rest wordt in het buitenland geworven. De PTT, die vrijwel al haar electrotechnische ingenieurs van de Technische Universiteiten betrekt, kan momenteel haar behoefte aan deze categorie academici in het geheel niet dekken.

Behalve ingenieurs leveren de drie faculteiten in toenemende mate Doctors in de Technische Wetenschappen af; thans 15 - 20 per jaar, vrijwel allen gespecialiseerd op een informatietechnisch onderwerp.

HET VASTE WETENSCHAPPELIJKE PERSONEEL

De wetenschappelijke staf in de gezamenlijke faculteiten voor de informatietechnische vakken omvat momenteel
* ca 40 full-time "gewone" hoogleraren
* ca 46 universitaire hoofddocenten en
* ca 110 universitaire docenten.

Daarnaast bestaan er een aantal vacatures:
* 10 voor hoogleraren, waarvan 1 regeltechniek,
  4 (micro)electronica gerelateerd en
  5 (communicatie-)systeem gerelateerd
* 4 voor universitaire hoofddocenten en
* 7 voor universitaire docenten.

Als alle vacatures vervuld zijn is de omvang van de vaste staf toch nog ca 12 % kleiner dan 4 jaar geleden. In die 4 jaar zijn 17 hoogleraren vertrokken - onder meer door de Taakverdeling en Concentratie (TVC) operatie - en 8 benoemd, waaronder 3 uit het bedrijfsleven en de overigen uit de universitaire wereld. Onder de UHD's + UD's was er in de laatste 4 jaar een aanzienlijk verloop (ca 50 uit en ca 25 in). Twente zowel als Eindhoven trokken in deze periode ieder één docent uit een andere "cultuur" aan (NLR resp. Philips Nat. Lab.). Delft heeft in de jaren 1985 - 86 drie UD's in dienst genomen, waarvan twee uit het onderwijs en één van NLR afkomstig waren.

De kleine instroom van personen die in het bedrijfsleven werkzaam waren heeft de vernieuwing van het TU-klimaat van "buitenaf" de laatste jaren vrijwel stilgelegd.

MOTIVATIE EN BEZWAREN VAN DE HUIDIGE STAF

Het werken met jonge mensen, de vrijheid het werk naar eigen smaak in te richten en de mogelijkheden ontstaan in de laatste jaren om in allerlei projecten met partijen buiten de TU samen te werken, worden door vrijwel alle stafleden als positief ervaren.

Negatief is men gestemd over de enorme tijdverspilling en tijdversnippering door de bureaucratische rompslomp en de daardoor toenemende werklast bij de uitoefening van de volgende taken:
* eerste-fase en het nieuwe tweede-fase onderwijs
* bestuursfuncties op vakgroep-,faculteits- en universiteitsniveau
* begeleiding en management van onderzoek, gefinancierd uit een groot aantal fondsen, ieder met hun eigen regels!

Van deze fondsen noem ik:
1e geldstroom, omvattend voorwaardelijke financiering (VFO), Researchpool en faculteits"potjes";
2e geldstroom, omvattend ZWO, FOM, STW, SPIN, SION, IOP IC-Technologie, enz., allen financieringsbronnen voor voorwaardelijke basis-research of voor pre-competitief onderzoek in overleg met het bedrijfsleven;
3e geldstroom, samenwerkingsprojecten met het bedrijfsleven van wisselende tijdsduur, die op verschilende manieren ontstaan.

De totale omvang van het tijdelijke wetenschappelijke personeel dat in de faculteiten werkzaam is binnen één van de drie geldstromen, is moeilijk precies aan te geven omdat wekelijks mutaties voorkomen, maar moet (inclusief de vacatures) rond de 150 liggen.

GRIEVEN VAN DE WETENSCHAPPELIJKE STAF
* Het is nog steeds onduidelijk hoe de tweede fase opleiding gefinancierd gaat worden. De lust tot inhoud geven aan de tweede fase is door deze aanhoudende onduidelijkheid in de afgelopen jaren verdwenen. Staf en faculteitsbesturen zijn te zwaar bezet en zijn te ontmoedigd om nieuwe initiatieven te ontplooien. Het is onmogelijk studenten in de huidige situatie voor de tweede fase te motiveren
* veel te krap reisbudget voor een vakgroep
* een salariëring die de laatste 10 jaren sterk is achtergebleven bij die van het bedrijfsleven.

PROBLEMEN BIJ HET AANTREKKEN VAN NIEUWE STAF
Het aantrekken van nieuwe stafleden, in het bijzonder uit het bedrijfsleven, stuit op grote moeilijkheden door de volgende factoren:
* schaarste aan bepaalde deskundigen, vooral op het gebied van (communicatie-)systemen en verder ook op het gebied van (micro)electronica
* ongunstige salariëring in vergelijking met het bedrijfsleven
* weinig aantrekkelijk arbeidsklimaat (bureaucratie, vergaderen, onvoldoende middelen)
* pensioenbreuk bij wisseling van betrekking.

Het merkwaardige verschijnsel doet zich voor, dat de Colleges van Bestuur en de faculteitsbesturen nauwelijks verweer bieden tegen de huidige gang van zaken met betrekking tot het personeelsbeleid. De Colleges, overstelpt door ministeriële regelingen en plannen, moeten al hun energie besteden aan het overleven van hun instelling op het zeer complexe slagveld van het wetenschappelijke onderwijs. Het probleem van de omvang en de kwaliteit van de vaste staf is slechts één van de velen. De faculteitsbesturen en -raden hoor je ook nauwelijks klagen. Het is alsof men murw gebeukt is door het dagelijkse bombardement van directieven, plannen, nota's en wat dies meer zij. Het zijn slechts enkelingen die op de penibele situatie wijzen, zoals prof. dr ing. H.J. Butterweck (TUE) in zijn artikel in "De Ingenieur" van januari 1985.
Een hoogleraar in één van de besproken faculteiten met een respectabele staat van dienst vatte deze grieven als volgt samen:

' (Het is de) onzekerheid over de toekomstperspectieven m.b.t. onderwijs en onderzoek. Het referentiekader staat bloot aan voortdurende veranderingen ten gevolge van telkens weer andere maatregelen van de overheid, verregaande bemoeienis van het departement (van Onderwijs & Wetenschappen) met organisatorische structuren en taakstellingen, alsmede zich voordurend wijzigende uitgangspunten ter zake van het beheer.'

Als tweede grief noemt hij: ' Onbegrip en ongeinteresseerdheid van de "politiek" ten aanzien van de problemen waarmee de faculteiten worstelen om in een zich explosief ontwikkelend vakgebied dat voor de welvaart van Nederland van cruciaal belang is, de samenleving te dienen met onderwijs en onderzoek op een niveau dat zich kan meten met dat van de beste instituten in de wereld.'

SUGGESTIES TER VERBETERING VAN HET ARBEIDSKLIMAAT VAN DE WETENSCHAPPELIJKE STAF
Ik opper hier enkele voorstellen voor een verbetering van het arbeidsklimaat met naar ik meen een positief effect op de kwaliteit van het functioneren van de staf.

- Structurele verbetering van het beloningssysteem van de wetenschappelijke staf.
- In afwijking van de Wet op het Wetenschappelijk Onderwijs 1986 art. 68, lid 2 de mogelijkheid scheppen een beroepskracht aan te stellen als dekaan van de faculteit i.p.v. een hoogleraar uit de faculteit. Deze maatregel ontlast de staf van een bestuurstaak, waar doorgaans weinig hoogleraren geschikt voor zijn, doet de faculteit een kroondocent behouden voor onderwijs en onderzoek en schept de mogelijkheid professioneel bestuur in de faculteit in te voeren.
- Uniformering en vereenvoudiging van de administratieve procedures rond de 2e geldstroombronnen, die feitelijk

allen door één bron: de overheid, gevoed worden.
- De instelling per faculteit van een door het Ministerie te financieren Kennisfonds. Hieruit kunnen bezoeken van gastdocenten en andere activiteiten, die het kennispeil van de wetenschappelijke staf verbeteren, bekostigd worden. Zo zou ieder staflid, na overleggen van een gefundeerd plan, uit dit fonds vergoeding tot een zeker maximum (bijv. UD: f 10.000, HL & UHD: f 20.000 p.j.) moeten kunnen ontvangen voor zelfstudie, buitenlandse stages en conferentiebezoek ten behoeve van zijn vak.
- Ieder staflid het recht geven gedurende 1/2 of 1 dag per week betaald verlof op te nemen voor het verrichten van nevenfuncties, verbandhoudend met zijn vak. Revenuen worden niet in korting gebracht op het salaris.

Ik besef terdege dat mijn voorstellen slechts incidentele maatregelen beogen en voorbijgaan aan de kern van de problematiek van ons universitaire onderwijs: de verstikkende regelzucht van de overheid. En met deze constatering belanden wij, evenals de boven geciteerde collega, bij de "politiek". Zullen wij als samenleving de mogelijkheden die de informatietechniek ons biedt gebruiken tot ontplooiing van ons kunnen of juist tot onze kneveling?
De toekomst zal het leren.

#) Onder informatietechniek versta ik de techniek van het ontwerpen en realiseren van informatieverwerkende systemen. Het vakgebied informatica valt, wat de context van dit artikel betreft niet onder informatietechniek.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. L.C.J.M. Koolen, Van Polanenpark 22, 2241 RR Wassenaar.

Ing. A. de Lange, H. Zwaardecroonstraat 25, 2593 XK 's-Gravenhage.

Nieuwe adressen van leden

Ir. F. Booij, G.J. v.d. Veenstraat 29, 2264 DS Leidschendam.

Ir. H.L.H.M. Castermans, Heegthakker 26, 5625 SW Eindhoven.

J.F.Deckwitz, Weerselosestraat 222, 7623 DT Borne.

Ir. R.J.M. van Eyndhoven, Postbus 142, 4880 AC Zundert.

Ir. R.W.P. Kerkenaar, Mevr. Brantlaan 11, 5583 EA Waalre.

Ing. H. Kuipers, Prof. L. Fuchslaan 13, 3571 HC Utrecht.

Ir. P.A.P.H. de Lepper, Pauwhof 83, 2289 BJ Rijswijk.

Ir. F. Zelders, Esmoreitschouw 42, 2726 KK Zoetermeer.

Rectificatie:

Ir. C. Romeijn, Hollandselaan 13, 1213 AM Hilversum.

Overleden

Ir. J.J. Verhoeven, Hofmeierstraat 16, 5663 CK Geldrop.

Conferentieaankondigingen

The thirteenth European Conference on Optical Communication, 13-17 September 1987 Helsinki, Finland.
Contactadres: ECOC 87; c/o Sähköinsinööriliito; Merikasarminkatu 7 J 53; 00 160 Helsinki; Finland.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 52 - nr. 3 - 1987

blz. 65 NERG-lezingendag: Remote Sensing, door F. van Kuppeveld

blz. 67 Overheidsbeleid operationele aardobservatie; het nationaal remote sensing programma, door Drs. G.H.van der Kolff.

blz. 71 A modular and versatile acquisition, recording and preprocessing system for airborne remote sensing, door H.Pouwels and L.J.Aartman

blz. 80 Werkvergadering nr. 348

blz. 81 Operationalisering van radar remote sensing, door Ir. P.Hoogeboom

blz. 88 Werkvergadering nr. 349

blz. 89 Toepassingen in de natte waterstaat, door Ir. H.T.C.van Stokkom

blz. 97 10 jaar ervaring met remote sensing in de landbouwwaterhuishouding, door Ir. G.J.A.Nieuwenhuis

blz. 101 Toepassingen van satelliet remote sensing in de weersverwachting, door Dr.S.H. Muller

blz. 103 Zorgen over het universitaire onderwijs elektrotechniek in ons land, door Prof.Ir. O.W.Memelink

blz. 105 Uit het NERG. Ledenmutaties

druk: de Witte, Eindhoven